

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

AGRONOMIA

MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA

LUCAS GOMES
VIEIRA

RIO VERDE, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO CÂMPUS RIO VERDE**

AGRONOMIA

MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA

LUCAS GOMES VIEIRA

Trabalho de
Curso
apresentado ao
Instituto
Federal Goiano
– Câmpus Rio
Verde, como
requisito parcial
para a obtenção
do Grau de
Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marconi
Batista Teixeira

V658m VIEIRA, LUCAS MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA /
LUCAS VIEIRA; orientadora Marconi Batista Teixeira .
-- Rio Verde, 2024.
31 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Potássio . 2. Vinhaça . 3. Cloreto de potássio
. 4. Produtividade . I. Batista Teixeira , Marconi,
orient. II. Título.



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

Formulário 30/2024 - DPGPI-RV/CMRV/IFGOIANO



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano

Sistema Integrado de Bibliotecas

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

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia 3 Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: LUCAS GOMES VIEIRA

Matrícula: 2019102200240511

Título do Trabalho: MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 26/02/2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Rio Verde, 07/02/2024.

Assinado eletronicamente
Lucas Gomes Vieira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinado eletronicamente
Marconi Batista Teixeira
Assinatura do orientador



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

Ata nº 2/2024 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 25 dias do mês de janeiro de 2024, às 14:00 horas e 00 minutos, por videoconferência (meet.google.com/erf-ezhp-fip) reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Marconi Batista Teixeira (orientador), Christiano Lima Lobo de Andrade (Membro) e Fernando Rodrigues Cabral Filho (Membro externo - Unibrás), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "MILHO FERTIRRIGADO COM VINHAÇA" do estudante LUCAS GOMES VIEIRA, Matrícula nº 2019102200240511 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Fernando Rodrigues Cabral Filho

Membro

 Documento assinado digitalmente
CHRISTIANO LIMA LOBO DE ANDRADE
Data: 01/02/2024 10:26:40-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

(Assinado Eletronicamente)

Christiano Lima Lobo de Andrade

Membro

Observação:

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Caracterização do município de Rio Verde e do local do experimento (Milho segunda safra 2022/23).....	14
Figura 2. Dados meteorológicos e a evapotranspiração da cultura no período decorrente do experimento (Milho segunda safra 2022/23).....	15
Figura 3. Croqui do experimento instalado em campo.	18
Figura 4. Quantidades dos fertilizantes aplicados por tratamento.	19
Figura 5. Altura de planta (AP) e número de folhas (NF) da planta de milho, submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	22
Figura 6. Número de espigas por planta de milho e massa de grãos por planta, submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	24
Figura 7. Teor de potássio da folha do milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	26
Figura 8. Acúmulo e extração de potássio na planta de milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.....	26
Figura 9. Produtividade de grãos do milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.....	27
Figura 10. Índice de eficiência agrônômica (IEA – kg de grãos-1 / kg de K ₂ O-1), eficiência agrônômica de potássio (EAK) e produtividade relativa (PRODRel - produtividade de Vinhaça / KCl – kg kg-1) da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.	15
Tabela 2. Descrição dos tratamentos.	16
Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis biométricas da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	21
Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis de biomassa da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	22
Tabela 5. Resumo da análise de variância para os parâmetros produtivos da espiga da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	23
Tabela 6. Resumo da análise de variância para a produtividade da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1. Implantação do experimento.....	13
2.2. Delineamento experimental	15
2.3. Análise estatística	17
2.4. Condução e aplicação dos tratamentos	18
2.5. Variáveis analisadas.....	19
2.5.1. Crescimento e acúmulo de matéria seca.....	19
2.5.2. Teor de potássio, variáveis produtivas e eficiência agrônoma 19	
2.5.3. Análise estatística	20
3. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	20
4. CONCLUSÃO	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

RESUMO

Nos tempos atuais os produtores rurais encontram diversos desafios em suas lavouras, na safrinha de milho principalmente, uma das maiores problemáticas se mostram quando vão adquirir seus insumos tais como fertilizantes, em tempos de escassez se mostra ainda mais difícil. Com isso o trabalho aborda a produção de milho no Brasil, com ênfase em regiões como Goiás, especialmente na safrinha. O trabalho destaca a importância dos nutrientes para o crescimento do milho, com destaque para o potássio, e discute as fontes de adubação potássica, incluindo o uso predominante de cloreto de potássio. Além disso o projeto explora a possível utilização da vinhaça, subproduto da produção de álcool da cana-de-açúcar, como uma alternativa para a adubação do milho. A vinhaça é rica em potássio e nitrogênio, apresentando-se como um potencial fonte de nutrientes para a cultura. O local realizado foi em Rio Verde-GO envolvendo diferentes adubações potássicas analisando parâmetros biométricos da planta, matéria seca, parâmetros produtivos, e produtividade. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de experimento simples, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. T1 = KCl - 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; T2 = Vinhaça - 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; T3 = Vinhaça+KCl - 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; T4 - Vinhaça 2x 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; T5 = Vinhaça 2x + KCl 2x - 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. Assim se mostrando significativa para altura de planta e número de folhas quando se aplica a vinhaça em dois estágios fenológicos.

Palavras-chave: potássio, vinhaça, produtividade, cloreto de potássio.

ABSTRACT

Nowadays, rural producers encounter several challenges in their crops, especially in the corn harvest, one of the biggest problems is associated with fertilizers, considering scarcity which appears to be even more difficult. Therefore, the work addresses corn production in Brazil, with an emphasis on regions such as Goiás, especially in the off-season. The work highlights the importance of nutrients for corn growth, with emphasis on potassium, and discusses the sources of potassium fertilizer, including the predominant use of potassium chloride. Furthermore, the project explores the possible use of vinasse, a by-product of alcohol production from sugar cane, as an alternative to corn fertilization. Vinasse is rich in potassium and nitrogen, presenting itself as a potential source of nutrients for the crop. The location carried out was in Rio Verde-GO, involving different potassium fertilization, analyzing biometric parameters of the plant, dry matter, productive parameters, and productivity. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a simple experiment scheme, with 4 replications, totaling 20 experimental plots. T1 = KCl - 100% of the potassium dose applied via potassium chloride at the V4 phenological stage in the corn crop; T2 = Vinasse - 100% of the dose of potassium applied via Vinasse concentrated at the V4 phenological stage in the corn crop; T3 = Vinasse+KCl - 50% of the dose of potassium applied via Potassium Chloride and 50% via Vinasse concentrated at the V4 phenological stage in the corn crop; T4 - Vinasse 2x 100% of the dose of potassium applied via Vinasse concentrated at the phenological stage of V4 and V8 in the corn crop; T5 = Vinasse 2x + KCl 2x - 50% of the dose of potassium applied via Potassium Chloride and 50% via Vinasse concentrated at the phenological stage of V4 and V8 in the corn crop. Thus, it is significant for plant height and number of leaves when applying vinasse in two phenological stages.

Keywords: potassium, vinasse, productivity, potassium chloride

1. INTRODUÇÃO

O milho se destaca entre as biomassas para a produção de vários subprodutos no país. Esse que vem sendo cultivado desde 5000 a.C, bem diferente estruturalmente de hoje em dia os restos mais antigos de espigas são datados de 7300 mil anos atrás na América Latina, mais precisamente no México, seu nome científico é *Zea Mays L. ssp*, Zea vem do grego e significa “semente ou grão” (FELIPPE, 2007). Desde então a cultura do milho vem sendo aprimorada tendo como mudanças a cor do grão, altura da planta, e a sua produtividade, ao longo do tempo a sua capacidade de adaptação aos climas que eram inseridas foram sendo aprimoradas e junto com isso suas características melhoradas sempre em busca de uma alta produtividade com a finalidade de atender a demanda da população e o crescimento do mercado.

Dentro do mercado do milho algumas importâncias temos que levar em consideração em relação à alimentação que é uma fonte de carboidrato fazendo farinha, fubá e amido de milho do grão maduro, conseguindo assim, extrair óleo, resina e margarina do milho. Do milho verde consegue consumi-lo cozido, assado, e de forma mais processada extrair a pamonha, e até bebidas como uísque e cerveja podem ser produzidas. (FELLIPE, 2007). Apresenta assim como ótima fonte de sustentação nutritiva desde a sua origem com os povos primitivos até os dias atuais.

Existem vários tipos de milho, e a qualidade exigida dos grãos é determinada de acordo com o destino ou o uso final. Por exemplo: amilose (milho waxy), com propriedades importantes para a indústria alimentícia e de papel; amilopectina (milho ceroso), para a indústria alimentícia e produção de adesivos; ácido graxo oleico, para a produção de margarinas e óleos de fritura especiais; aminoácidos (lisina e triptofano), com melhor qualidade proteica; milhos com amido de fácil extração, destinados à indústria de produção de álcool, entre outros (Paes, 2006).

No Brasil a produção de milho gira em torno de 124,8 milhões de toneladas segundo (Bnews agro), a cada ano o crescimento na produção brasileira de milho aumenta. No Goiás temos uma produção de 12,5 milhões de toneladas na safra 22/23 segundo (SEAPA), sendo esse produzido com safrinha, após uma safra de soja, a sua semeadura se dá entre janeiro e abril segundo a conab. Mas podendo ser plantado como milho verão sendo a cultura prevalente na safra principal com início de plantio entre setembro e dezembro a depender do acumulado chuvoso.

Em rio verde Goiás predominantemente o milho é plantado na safrinha com uma área que ultrapassa os seus 300 mil hectares em 2022 segundo a prefeitura de rio verde, se tornando assim a cidade do estado que mais produz grãos no estado.

Segundo estudos e pesquisas feitas pela Embrapa o milho que é cultivado para grãos e forragem tem a extração de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), esses aumentados linearmente de acordo com o acréscimo de produtividade da cultura e em primeiros lugares de exigência se destacam o N e K, logo após Mg, Ca e P. Segundo o portal EMBRAPA o milho devolve grande quantidade de K para o solo se transformando assim em uma bomba de K reciclando 12kg de K por tonelada de palha.

O cloreto de potássio KCl tem sido uma das fontes mais utilizadas na adubação potássica do milho sendo utilizado 96% das vezes, porém temos outras fontes menos utilizadas como sulfato de potássio, nitrato de potássio, representando 4% da utilização segundo a Embrapa. *O cloreto de potássio possui como desvantagem em sua composição o cloro, que quando em excesso no solo, é prejudicial a algumas plantas (Epstein e Bloom, "Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives") e pode ocasionar a salinização do solo, prejudicando o crescimento das plantas (Marschner, "Mineral Nutrition of Higher Plants").*

Assim, uma forma de se evitar a salinização por meio de componentes minerais se procura uma segunda via nos orgânicos, fornecendo nutrientes para as plantas e ajudando na melhoria do solo como afirmado por Brady e Weil em "The Nature and Properties of Soils," no aumento da capacidade de retenção de água, conforme explicado por Lal em "Soil Carbon Sequestration Impacts

on Global Climate Change and Food Security," e no estímulo à atividade microbiana, o qual é destacado por Paul e Clark em "Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry."

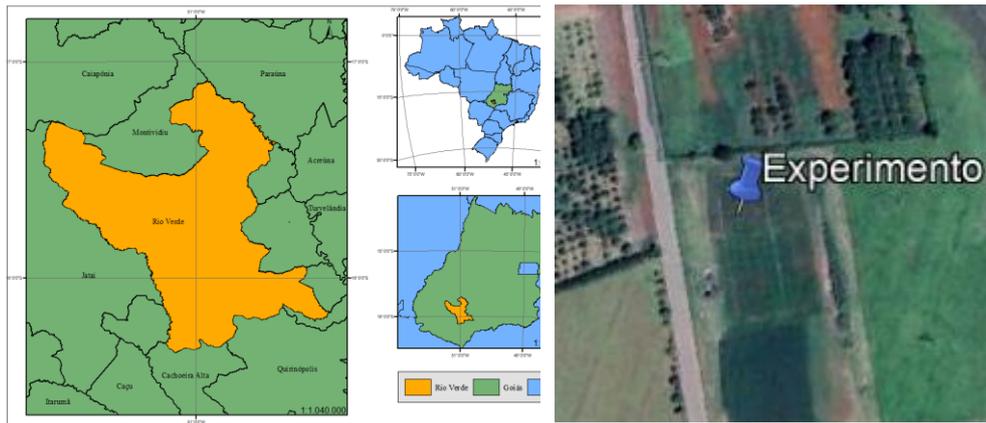
Com isso a utilização da vinhaça se mostra muito capaz, esse sendo um subproduto resultante do processo de destilação da cana-de-açúcar, responsável pela produção de álcool e açúcar no Brasil. De acordo com Mattos et al. em 'Vinhaça: Caracterização e Tratamento', a vinhaça possui propriedades que a tornam uma oportunidade em potencial para a agricultura e gestão ambiental. Em sua composição, encontramos em maior quantidade o potássio. Conforme mencionado por Silva et al., também em quantidade considerável e notável, está a presença de nitrogênio. Como observado por Braga et al., em pequenas quantidades, mas ainda presente, observa-se o fósforo, como apresentado no estudo de Muraoka et al. intitulado 'Disponibilidade de Fósforo da Vinhaça para a Cultura da Cana-de-Açúcar'.

Após várias pesquisas o objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade do uso da vinhaça fertirrigada no milho gerando a disponibilidade do cloreto de potássio, assim tendo como aspecto importante a respectiva resposta da cultura em produtividade e viabilidade disponibilizando assim uma segunda via para o produtor em tempos de dificuldades na adubação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Implantação do experimento

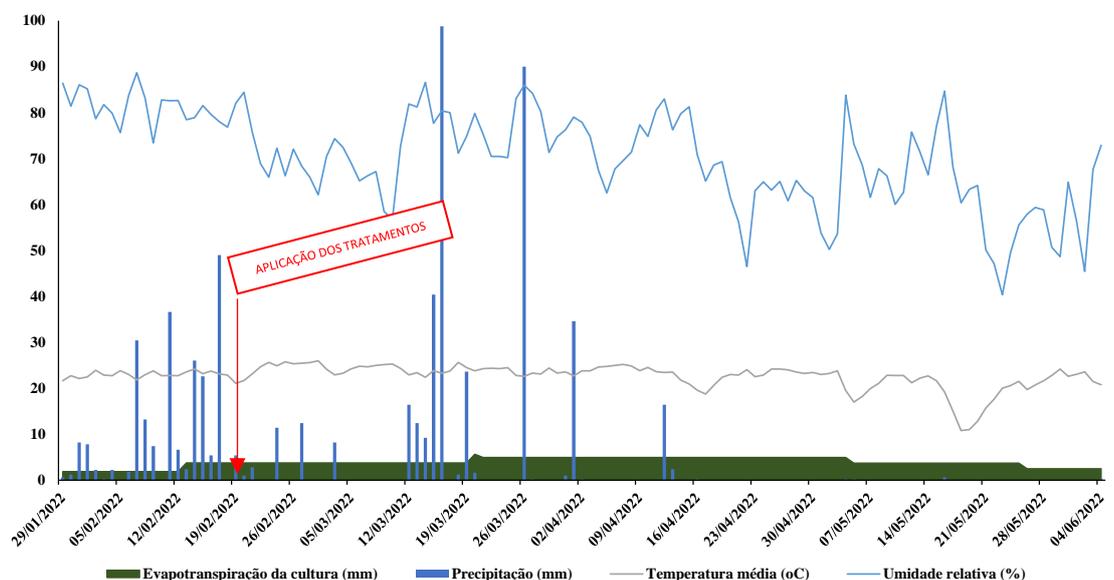
O ensaio foi conduzido em uma área experimental na cidade de Rio Verde – GO, localizada na região sudoeste do estado, nas coordenadas geográficas 17°48'29.3"S 50° 53' 57.9"W; com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio e, com seca nos meses de junho a setembro.



Fonte: Autor (2022)

Figura 1. Caracterização do município de Rio Verde e do local do experimento (Milho segunda safra 2022/23).

A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8 °C, concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5 °C, e os menores valores no mês de julho, com 20,8 °C. A precipitação pluviométrica média anual varia entre 1430 e 1650 mm, concentrados de outubro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e, o relevo é suave ondulado (6% de declividade). Durante o desenvolvimento da cultura do milho os dados climáticos locais foram monitorados e as médias diárias estão dispostas na Figura 2, sendo que, a precipitação ocorrida foi de: 10 mm (janeiro), 246,8 mm (fevereiro), 303 mm (março), 53,8 mm (abril), 1 mm (maio) e 0,2 mm (junho) = Total de 614,8 mm.



Fonte: Autor (2023)

Figura 2. Dados meteorológicos e a evapotranspiração da cultura no período decorrente do experimento (Milho segunda safra 2022/23).

O milho foi semeado em 29/01/2022, utilizando uma semeadora de 5 linhas com sistema de distribuição de sementes por disco horizontal. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m com 3 plantas por metro linear, numa representatividade de 66.666 plantas por hectare. Foi utilizado o híbrido FS575PWU. O sistema de plantio utilizado foi o de plantio direto, tendo como cultura antecessora a cultura da soja na safra 2021/22.

Antes da instalação do experimento, foram efetuadas coletas de solo deformado, para a caracterização físico-química na profundidade de 0-20 e 20-40 cm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Profundidade	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
		g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³			---	mmolc.dm ⁻³	---		-%-
0-20	5,2	41	9	4,3	19	10	0	52	85,3	39
20-40	5,2	33	7	3,4	16	8	0	52	79,4	35

Profundidade	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
	-- % --			mg.dm ⁻³				---	g.kg ⁻¹	---
0-20	0	-	0,23	3,3	31	4,8	0,5	366	166	468
20-40	0	-	0,28	3,6	31	3,5	0,4	420	432	148

Fonte: Autor (2023)

P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente

T = Capacidade de troca catiônica; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; M.O. = Matéria orgânica

2.2.Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de experimento simples, com 4 repetições, totalizando

20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco manejos de adubação de potássio (K) em cobertura na cultura do milho, utilizando vinhaça via fertirrigação e cloreto de potássio (KCl) via aplicação a lanço (Tabela 2). As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 5 metros de comprimento (11,25 m²), totalizando uma área ocupada pelo experimento de 450 m² (Figura 3).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Dose de potássio (kg ha ⁻¹)	Manejo
KCl	200	100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça	200	100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça+KCl	200	50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça 2x	200	100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.
Vinhaça 2x + KCl 2x	200	50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Fonte: Autor (2023)

KCl= Cloreto de potássio

Após a obtenção da produção de grãos por tratamento, foi possível efetuar o cálculo dos índices agronômicos, sendo eles:

$$IEA = \frac{PROD_t}{DK} \quad (1)$$

$$EAK = \frac{(PROD_{vc} - PROD_{kcl})}{DK} \quad (2)$$

$$PRODRel = PROD_{vc} / PROD_{kcl} \quad (3)$$

Onde:

IEA = Índice de eficiência agronômica, kg grãos kg K⁻¹;

PROD_t = Produtividade de grãos por tratamento, kg ha⁻¹;

DK = Dose aplicada de potássio por tratamento, kg ha⁻¹;

EAK = Eficiência agronômica de potássio, kg grãos kg K⁻¹;

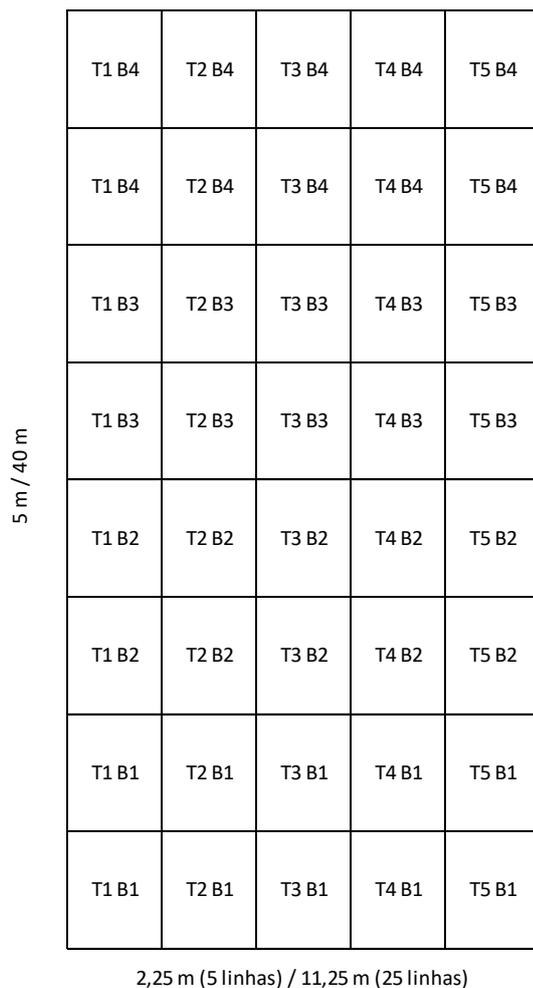
PRODRel = Produtividade relativa, kg grãos kg grãos⁻¹;

PROD_{kcl} = Produtividade de grãos com a utilização de Cloreto de potássio;

PROD_{vc} = Produtividade de grãos com a utilização de Vinhaça concentrada.

2.3. Análise estatística

Os dados das variáveis obtidas foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).



Tratamentos	Descrição
T1	Manejo comercial, apenas KCl em V4
T2	Vinhaça aplicada 1x em V4
T3	Vinhaça aplicada 2x em V4 e V8
T4	Vinhaça aplicada 1x + KCl em V4
T5	Vinhaça aplicada 2x + KCl em V4 e V8

Fonte: Autor (2023)

Figura 3. Croqui do experimento instalado em campo.

2.4. Condução e aplicação dos tratamentos

No tratamento irrigado foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.

A aplicação dos tratamentos ocorreu apenas na cobertura do milho via fertirrigação (vinhaça concentrada) e sólido granulado (cloreto de potássio), conforme recomendação de Sousa e Lobato (2004) (200 kg ha⁻¹ de potássio) e, seguindo os tratamentos descritos. A fonte cloreto de potássio utilizada foi o granulado de coloração avermelhada, com concentração de 60% de K₂O. A vinhaça concentrada foi adquirida na Usina Boa Vista – Unidade de Quirinópolis - GO, com volume de 1000 L. A vinhaça foi concentrada 20 vezes, e tinha uma quantidade de 10 kg de K₂O por metro cúbico. Portanto, para o

fornecimento da dose de 200 kg por hectare de K₂O é necessário a aplicação de 333,33 kg de KCl e 10.000 litros (10 m³ = 1 mm) de vinhaça concentrada.

		K ₂ O ha (kg)	KCl (%)	Vinhaça (kg/1000 L)	Quantidade de KCl (kg/ha)	Quantidade de vinhaça (L/ha)
T1	KCl	200,00	60,00	10,00	333,33	0,00
T2	VINHAÇA	200,00	60,00	10,00	0,00	20000,00
T3	VINHAÇA	200,00	60,00	10,00	0,00	20000,00
T4	VINHAÇA+KCl	200,00	60,00	10,00	166,67	10000,00
T5	VINHAÇA+KCl	200,00	60,00	10,00	166,67	10000,00

Quantidade de KCl (kg/tratamento)	Quantidade de vinhaça (L/tratamento)	Quantidade de KCl em V4/V8 (kg/tratamento)	Quantidade de vinhaça em V4/V8 (L/tratamento)
3,33	0,00	3,33	0,00
0,00	200,00	0,00	200,00
0,00	200,00	0,00	100,00
1,67	100,00	1,67	100,00
1,67	100,00	0,83	50,00

Fonte: Autor (2023)

Figura 4. Quantidades dos fertilizantes aplicados por tratamento.

2.5. Variáveis analisadas

2.5.1. Crescimento e acúmulo de matéria seca

No momento do florescimento, aos 70 dias após a semeadura, foram determinados os parâmetros de crescimento e acúmulo de matéria seca pela cultura do milho, sendo avaliados: Altura de planta (AP – m); Diâmetro do colmo (DC – mm); Número de folhas (NF); Área foliar (AF – cm²); Massa seca da folha, colmo, espiga e total (MSF, MSC e MST).

2.5.2. Teor de potássio, variáveis produtivas e eficiência agrônômica

No momento do florescimento foi coletada a folha oposta e abaixo a espiga principal. A folha foi processada apenas o limbo foliar central sem a nervura central. O material foi levado ao laboratório para a determinação do teor de potássio (g/kg).

Foi colhido por parcela a área útil de 3,6 m², sendo que foram determinados através da medição de duas espigas: Número de espigas por planta (NEP); Comprimento de espiga (CE – cm); Diâmetro de espiga (DE – mm); Número de fileiras de grãos (NFG); Número de grãos por fileira (NGF); Número de grãos por planta (NGPlanta); Massa de mil grãos (MMG - gramas) e a Massa de grãos por planta (MGPlanta – gramas por planta). A produtividade de grãos (PROD – kg ha⁻¹) e a quantidade de sacas por hectare (SCHA – sacas de 60 kg por hectare) foram estimados conforme a trilhagem dos grãos da área

útil de cada parcela, sendo que, a massa de grãos foi corrigida para a umidade de 14%.

Após a obtenção da produção de grãos por tratamento, foi possível efetuar o cálculo dos índices agronômicos, sendo eles:

$$IEA = \frac{PROD_t}{DK} \quad (1)$$

$$EAK = \frac{(PROD_{vc} - PROD_{kcl})}{DK} \quad (2)$$

$$PRODRel = PROD_{vc} / PROD_{kcl} \quad (3)$$

Onde:

IEA = Índice de eficiência agronômica, kg grãos kg K⁻¹;

PROD_t = Produtividade de grãos por tratamento, kg ha⁻¹;

DK = Dose aplicada de potássio por tratamento, kg ha⁻¹;

EAK = Eficiência agronômica de potássio, kg grãos kg K⁻¹;

PRODRel = Produtividade relativa, kg grãos kg grãos⁻¹;

PROD_{kcl} = Produtividade de grãos com a utilização de Cloreto de potássio;

PROD_{vc} = Produtividade de grãos com a utilização de Vinhaça concentrada.

2.5.3. Análise estatística

Os dados das variáveis obtidas foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADO E DISCUSÕES

O milho apresenta crescimento determinado, ou seja, possui um período de crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. A mudança entre a fase vegetativa e reprodutiva ocorre no momento do florescimento/pendoamento, neste momento a planta já estabeleceu seu máximo crescimento e desenvolvimento vegetativo, ou seja, sua máxima altura, diâmetro de colmo, massa seca, número de folhas e área foliar.

Os diversos tratamentos empregados influenciaram apenas a altura total da planta e o número de folhas, quando observado as características biométrica da planta de milho (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis biométricas da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

FV	GL	AP	AIE	DC	NF	AF
Manejos	4	0,045**	0,037 ^{ns}	3,231 ^{ns}	1,156*	0,016 ^{ns}
Repetição	3	0,009	0,027	4,191	0,079	0,000
Erro	12	0,008	0,029	2,308	0,339	0,010
CV (%)		4,01	15,04	7,23	4,71	11,99

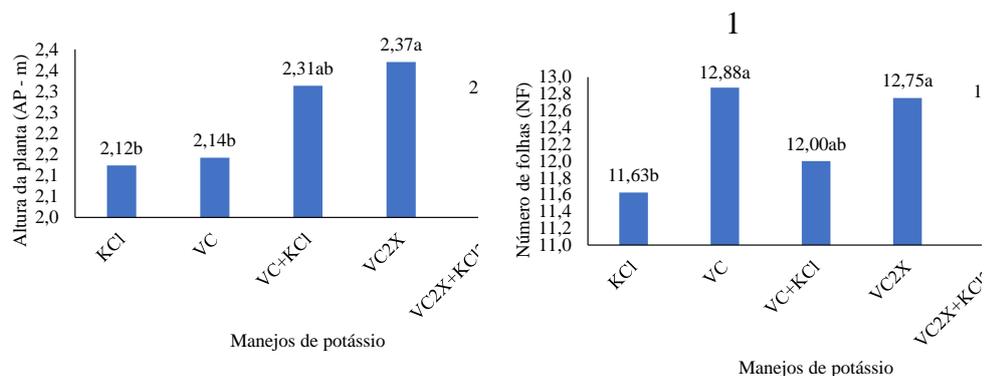
Fonte: Autor (2023)

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; CV (%) = Coeficiente de variação

AP = Altura de planta; AIE = Altura de inserção da espiga; DC = Diâmetro de colmo; NF = Número de folhas; AF = Área foliar

^{ns} = não significativo; * = p<0,05; ** = p<0,01

A suplementação de potássio via vinhaça (VC) em duas aplicações (VC2X) promoveu a maior altura de planta, seguido pelos tratamentos de vinhaça+cloreto de potássio (VC+KCl e VC2X+KCl2X) e, por fim os tratamentos isolados de cloreto de potássio (KCl) e vinhaça (VC). Em média o manejo VC2X proporcionou um aumento de 11,26% (+0,24 metros) na altura da planta em comparação aos tratamentos isolados KCl e VC (Figura 5). A utilização dos manejos VC, VC2X e/ou VC2X+KCl2X proporcionam o maior número de folhas por planta de milho, sendo, em média 0,80 folha a mais por planta produzida com estes manejos.



Fonte: Autor (2023)

Letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho;

VC+KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X+KCl2X = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Figura 5. Altura de planta (AP) e número de folhas (NF) da planta de milho, submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

O tipo de híbrido utilizado tais como variáveis pluviométricas e teor de potássio no solo são fatores que podem auxiliar na resposta biométrica quando submetido a tais tratamentos com vinhaça e fertilizantes. A influência das aplicações no diâmetro de colmo da cultura do milho também não foi observada por Silva et al. (2019), contudo, a altura da planta foi afetada pelas diferentes doses de vinhaça, sendo a mais eficiente a de $8,75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Em complemento, o contraste entre a adubação mineral de potássio e a utilização da vinhaça não afetaram a altura de planta do milho (SILVA et al., 2016).

A produção de matéria seca pela cultura do milho não foi influenciada por nenhum dos manejos de potássio (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis de biomassa da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

FV	GL	MSF	MSC	MSE	MST	MSF/MSC
Manejos	4	469,79 ^{ns}	1487,14 ^{ns}	461,34 ^{ns}	4549,23 ^{ns}	0,092 ^{ns}
Repetição	3	533,94	403,39	1201,17	5345,54	0,068
Erro	12	1095,23	2275,65	1229,67	6738,29	0,167
CV (%)		36,85	27,60	33,56	22,36	72,37

Fonte: Autor (2023)

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; CV (%) = Coeficiente de variação

MSF = Massa seca da folha; MSC = Massa seca do colmo; MSE = Massa seca da espiga; MST = Massa seca total

^{ns} = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

A prolificidade é uma característica intrínseca a planta de milho, que apesar do melhoramento genético a planta ainda apresenta a possibilidade de produção de mais uma espiga por planta. A prolificidade foi influenciada pelos

manejos de potássio, sendo, o único parâmetro produtivo influenciado pelos manejos (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para os parâmetros produtivos da espiga da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

FV	GL	NEP	NFG	NGF	NGE	DE	CE
Manejos	4	0,01**	1,06 ^{ns}	3,60 ^{ns}	2418,7 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Repetição	3	0,00	1,26	7,63	5744,5	3,62	0,83
Erro	12	0,00	2,31	7,29	7163,1	3,43	0,54
CV (%)		4,31	8,69	7,27	13,00	3,75	3,95

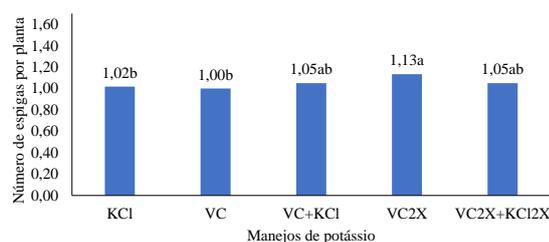
Fonte: Autor (2023)

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; CV (%) = Coeficiente de variação

NEP = Número de espigas por planta; NFG = Número de fileiras de grãos; NGF = Número de grãos por fileira; NGE = Número de grãos por espiga; DE = Diâmetro da espiga; CE = Comprimento da espiga

^{ns} = não significativo; * = p<0,05; ** = p<0,01

A suplementação de 100% do potássio via vinhaça concentrada em duas aplicações proporcionou o maior valor de prolificidade, seguida pelos tratamentos mistos. Comparado a utilização da VC em apenas 1 aplicação, o incremento foi de 0,13 espiga por planta. Apenas a utilização de VC isoladamente em 1 aplicação a planta de milho apresentou apenas 1 espiga por planta (Figura 6).



Fonte: Autor (2023)

Letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho;

VC+KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X+KCl2X = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Figura 6. Número de espigas por planta de milho e massa de grãos por planta, submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

Tanto para a utilização isolada ou mista das fontes de potássio, a divisão da adubação em V4 e V8 apresentou os maiores valores de altura da planta, número de folhas e número de espigas por planta. Apesar da capacidade de fixação nos colóides do solo, fazendo com que em solos de textura média a argilosa ocorra a antecipação da aplicação de potássio, este nutriente tem elevado potencial de lixiviação, reduzindo as doses máximas recomendadas a serem aplicadas de forma direta no solo (SANTOS, 2021).

Segundo Mendes et al. (2016) as perdas podem atingir até 57% do potássio aplicado, quando os volumes acumulados de chuvas atingiram 200% da capacidade de campo do solo.

Em relação aos parâmetros produtivos massa de grãos por planta (MGPLANTA), massa de mil grãos (MMG) e a produtividade final de grãos por hectare, em sacas de 60 kg por hectare (SCHA), os manejos também não promoveram influência (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a produtividade da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

FV	GL	MGPLANTA	MMG	SCHA
Manejos	4	1052,18 ^{ns}	1052,18 ^{ns}	177,08 ^{ns}
Repetição	3	671,64	671,64	55,53
Erro	12	1145,47	1145,47	142,41
CV (%)		23,16	13,17	13,17
Médias				
Tratamento		MMG (gramas)		SCHA
KCl		209,73		86,98
Vinhaça		228,10		97,59
Vinhaça+KCl		193,88		85,42
Vinhaça 2x		215,57		96,58
Vinhaça 2x + KCl 2x		216,68		86,46

Fonte: Autor (2023)

FV = Fonte de variação; L = Grau de liberdade; CV (%) = Coeficiente de variação

MGPLANTA = Massa de grãos por planta; MMG = massa de mil grãos; SCHA = Quantidade de sacas por hectare

^{ns} = não significativo; * = p<0,05; ** = p<0,01

KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho;

VC+KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

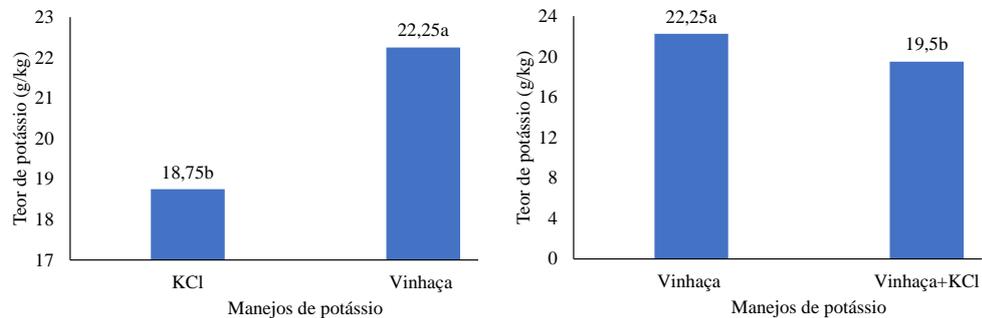
VC2X+KCl2X = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Portanto, os diferentes manejos com vinhaça concentrada e cloreto de potássio não afetaram de forma significativa no acúmulo de matéria seca, no teor nutricional de potássio, nos parâmetros produtivos e na produtividade de grãos. Em comparação, um trabalho realizado por Silva et al (2019) demonstrou que a maior média da massa de matéria fresca foi de 122,13g, essa atingida quando aplicada a dose de 8750 L ha⁻¹, também foi possível analisar que, independentemente da dose aplicada, o resultado é significativo quando comparado com tratamento, viabilizando a utilização da vinhaça como fonte de potássio. Neste sentido, os resultados indicam que o teor de potássio no solo e sua disponibilidade, antes da adubação potássica, foi suficiente em fornecer o potássio necessário para a planta de milho (SOKAL et al., 2020). Teores de potássio a partir do nível crítico, sendo 62 mg dm⁻³, são baixos a cultura do milho (VIEIRA et al., 2013), contudo, acima de 120 mg dm⁻³ é considerado alto, onde não se observa incrementos na produtividade de grãos do milho sob diferentes manejos de potássio (TAKASU et al., 2014), razão pela qual não foi observada resposta à adubação, independentemente do manejo utilizado.

Contudo, alguns estudos observaram respostas produtivas e econômicas da cultura do milho safrinha na região do cerrado, com doses acima de 100% da quantidade recomendada, tanto para a fonte cloreto de potássio e vinhaça concentrada, neste último caso, até 40% acima da dose recomendada (CABRAL FILHO et al., 2020).

O teor de potássio nutricional na folha da planta de milho no momento do florescimento quando feito as análises é 18,67% superior quando se utiliza a fonte vinhaça concentrada em comparação ao cloreto de potássio, representando 3,5 gramas a mais de potássio por quilograma de matéria seca produzida. Contudo, quando substitui metade da aplicação de KCl por VC, o teor de potássio aumenta, porém, continua inferior ao do manejo apenas com a VC, sendo que, a diferença é de 14,10%, o que corresponde a um incremento

de 2,75 gramas de potássio por quilograma de matéria seca produzida (Figura 7).

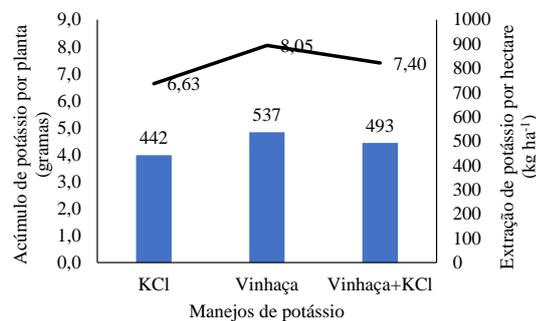


Fonte: Autor (2023)

Letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 7. Teor de potássio da folha do milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

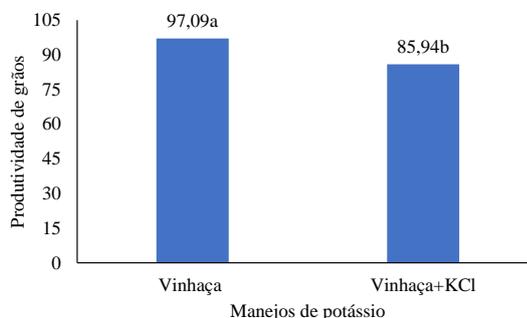
Em complemento aos teores de potássio, não houve efeitos de diluição, ou seja, o acúmulo total de potássio por planta também foi maior no tratamento com a utilização apenas de vinhaça concentrada. A matéria seca total da parte aérea por planta foi de 0,35 kg, 0,36 kg e 0,38 kg quando utilizado os manejos KCl, VC e KCl+VC, respectivamente. Neste sentido, cada planta acumulou 6,63 g, 8,05 g e 7,40 g, resultando em 442 kg, 537 kg e 493 kg de potássio extraído por hectare, quando utilizado os manejos KCl, VC e KCl+VC, respectivamente (Figura 8).



Fonte: Autor (2023)

Figura 8. Acúmulo e extração de potássio na planta de milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

A produtividade de grãos também foi superior quando utilizada apenas a VC em comparação ao manejo misto, na ordem de 13% ou 11 sacas de 60 kg a mais produzidas por hectare.



Fonte: Autor (2023)

Letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 9. Produtividade de grãos do milho submetido a adubação de potássio com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

O aumento significativo do teor de potássio na folha, do acúmulo de potássio na planta e da produtividade de grãos por hectare, em decorrência da utilização da vinhaça concentrada, diferente do cloreto de potássio, pode estar relacionado, além das características adicionais que a vinhaça contém, principalmente ao teor de matéria orgânica e demais nutrientes. A fonte cloreto de potássio também apresenta alguns pontos negativos, por ser uma fonte com alto índice salino, com isso, sua aplicação aumenta o potencial osmótico da solução do solo dificultando a absorção da água, ou mesmo aumentando a absorção de K e Cl, que em grandes quantidades pode ser tóxicos (BORKERT et al., 2005).

Conforme os resultados observados no contraste entre os manejos com cloreto de potássio, vinhaça concentrada ou misto, a vinhaça concentrada pode ser utilizada em complementação e/ou substituição do cloreto de potássio na cultura do milho, afirmado por (CABRAL FILHO et al., 2020).

O potássio tem importantes funções fisiológicas, químicas e enzimáticas na planta de milho, neste sentido, a maior disponibilidade e/ou equilíbrio de potássio no solo proporciona maior teor e acúmulo de potássio na planta de milho. Assim, maiores quantidades do nutriente estarão disponíveis para os processos de estimulação de enzimas, fotossíntese, regulação da

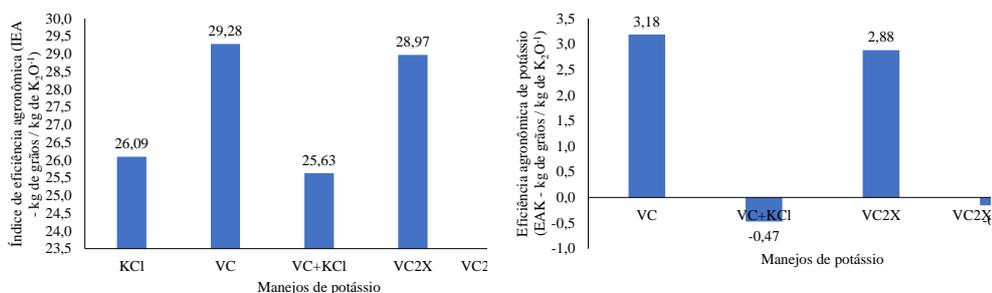
pressão osmótica, movimento dos estômatos, síntese de proteínas, transporte do floema, transferência de energia e melhora a resistência contra o estresse (MARSCHNER, 2012).

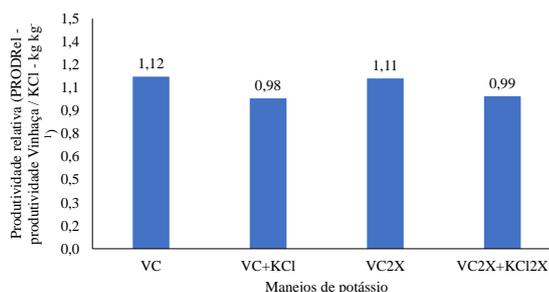
Estudos feitos com a cultura do milho submetido a diferentes manejos com potássio observaram que a boa nutrição com este nutriente proporcionou aumentos no parâmetros de crescimento da planta, acúmulo de matéria seca e produtividade de grãos (Bebé 2008)

O índice de eficiência agrônômica representa a quantidade de quilogramas de grãos produzidos para cada quilograma de potássio fornecido em cada manejo. Destaca-se que o manejo somente com a VC apresenta os maiores valores de eficiência agrônômica, em média 29 kg de grãos por quilograma de potássio fornecido. Quando comparado aos manejos que tinham cloreto de potássio, o manejo somente com a vinhaça concentrada produziu em média 3 kg de grãos a mais para cada quilograma de potássio fornecido (eficiência agrônômica de potássio) (Figura 10).

Destaca-se que a utilização do manejo misto obteve uma eficiência agrônômica de potássio inferior ao manejo com 100% de KCl, na ordem de -0,3 kg de grãos produzidos para cada quilograma de potássio fornecido nestes manejos.

Adotando como referência a utilização de cloreto de potássio, a produtividade relativa dos manejos apenas com a vinhaça concentrada foram superiores a 1,0, ou seja, os manejos apenas com VC produziram cerca de 1,15 kg de grãos para cada 1,0 kg de grãos produzidos no manejo apenas com KCl. Já os manejos mistos apresentaram produtividade relativa inferior a 1,0, quando comparado ao manejo apenas com o KCl (Figura 10).





Fonte: Autor (2023)

KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho;

VC+KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho;

VC2X+KCl2X = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Figura 10. Índice de eficiência agrônômica (IEA – kg de grãos-1 / kg de K₂O-1), eficiência agrônômica de potássio (EAK) e produtividade relativa (PRODRel - produtividade de Vinhaça / KCl – kg kg⁻¹) da planta de milho submetido a diferentes manejos de adubação potássica com cloreto de potássio e vinhaça concentrada.

Em relação ao rendimento equivalente da fonte de potássio, para fornecer 1 kg de K₂O por hectare é necessário aplicar 1,67 kg de KCl ou 100 litros de VC por hectare. Independente do tratamento foi aplicado 200 kg de K₂O por hectare. Portanto, quando observada a produtividade média de grãos, o manejo apenas com KCl possui um rendimento equivalente da fonte de 0,06 kg (60 gramas) de KCl para produzir 1 kg de grãos por hectare e, no caso dos manejos apenas com VC é necessário 3,43 litros de VC para produzir 1 kg de grãos por hectare. Nos manejos mistos, o rendimento equivalente da fonte KCl foi igual, ou seja, 60 gramas, já no caso da VC seu rendimento foi reduzido, sendo necessários 3,88 litros de VC para produzir 1 kg de grãos por hectare.

4. CONCLUSÃO

A substituição total do cloreto de potássio pela vinhaça concentrada na adubação do milho resulta em plantas mais altas e com maior número de folhas. Além disso, a aplicação da vinhaça concentrada em duas épocas estimula a prolificidade da planta e proporciona um maior teor nutricional de potássio nas folhas. A utilização exclusiva da vinhaça concentrada também demonstrou ser

mais eficiente do que a suplementação mista com cloreto de potássio, Contudo, este tipo de manejo não deve ser descartado, em casos onde houver dificuldade em adquirir e aplicar grandes quantidade de vinhaça. Assim, resultando em um aumento significativo na produção de grãos por quilograma de potássio fornecido. Por fim, apesar de não ser recomendada a suplementação mista, sugere-se a realização de estudos adicionais sobre o enriquecimento da vinhaça concentrada com cloreto de potássio para explorar possíveis efeitos benéficos.

A utilização de 100% do potássio via vinhaça concentrada proporciona a maior eficiência agrônômica do nutriente. Assim, a utilização da vinhaça concentrada proporciona um aumento de 3 kg de grãos produzidos por quilograma de potássio fornecido em comparação a eficiência agrônômica do cloreto de potássio.

A aplicação de vinhaça concentrada por sua vez se mostra significativa perante ao trabalho realizado, em anos de difícil acesso a adubos minerais que disponibilizam o potássio, e com isso mostrando uma segunda via de aplicação considerável para o produtor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELIPPE, Gil. **Grãos e Sementes: a vida encapsulada**. São Paulo: Senac, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO (Abimilho). Acesso em: 10 nov. 2013

FAEB. Mamão: exportações brasileiras atingem receita recorde em 2023. **Sistema FAEB**, 2023. Acesso em 12 nov. 2023.

REGITANO-DARCE, Marisa Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet; CASTELLUCCI, Ana Carolina Leme. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão Agrícola, Piracicaba**, n. 13, p. 138-140, 2015.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006**. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 75).

GOIÁS, SECRETARIA DO ESTADO. Agro em Dados aponta que produção goiana de milho deve crescer 29,2% na Safra 22/23. **Agricultura, pecuária e abastecimento, 2023**. Acesso em: 15 nov. 2023.

COELHO, Antonio Marcos. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.

Epstein, E., & Bloom, A. J. (2005). **Mineral Nutrition of Plants: Principles and perspectives.**

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). **The Nature and Properties of Soils** (15th ed.)

Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security.

Paul, E. A., & Clark, F. E. (2015). **Soil Microbiology, Ecology, and Biochemisry** (4th ed.)

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: **Verlag Justus Perthes.** 1928. Wall-map 150cmx200cm.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. D. M., & SPAROVEK, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711–728.

SANTOS, H. G. dos, JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C. dos, OLIVEIRA, V. A. de, LUMBREERAS, J. F, COELHO, M. R, ALMEIDA, J. A de, ARAUJO FILHO, J. C. de, OLIVEIRA, J. B. de, CUNHA, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp.

FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, n.35. v.6, p.1039-1042.

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

SILVA, A.; RUIZ, J. G. C.; VIANA, L. M.; VIANA, L. M. RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO À APLICAÇÃO DE VINHAÇA COMO FONTE DE POTÁSSIO. Campo Digit@l: **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.14, n.1, p.40-46, jul./dez., 2019

SILVA, S. F.; Garcia, G. O.; Reis E. F.; Dalvi L. P. Uso agrícola da vinhaça para produção de forragem de milho durante três anos de cultivo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irriga & inovagri, p. 59-69, 2016.

SANTOS, L. J.; **Polihalita como fonte de potássio na adubação do sistema de sucessão soja–milho.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2021.

SOKAL, T. F.; ROSA, E. F. F.; KASEKER, J. F.; CARLOS, S. S.; BERETA, S. F.; SANTOS, M. C.; NOHATTO, M. A. Avaliação agronômica e econômica do uso de fertilizantes potássicos na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v.10, n.1, p. 261-269, dezembro, 2020.

VIEIRA, R. C.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em Latossolos sob plantio direto no Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.1, p.188-198, 2013.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F. et al. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p.154-161, 2014.

CABRAL FILHO, F. R. Desempenho agronômico e balanço nutricional na planta de milho fertirrigado com vinhaça concentrada e cloreto de potássio. **Mestrado em Ciências Agrárias –Agronomia**, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, p.106 f, 2019.

MARSCHNER, P. M. **Nutrição Mineral de Plantas Superiores**, 3ª ed., Imprensa Acadêmica, Londres, Reino Unido, 2012.

BEBÉ, F. V.; SILVA, G. B.; BARROS, M. F. C.; CAMPOS, M. C. C. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 191-196, 2008