

DESEMPENHO DE *Sorghum bicolor* EM ARGISSOLO SUBMETIDO A TIPOS E COMBINAÇÕES DE ADUBOS FOSFATADOS MINERAIS E ORGÂNICOS

Maria Luiza da Silva Freitas^{1*}, Antonio Nolla¹, Raphael Gustavo Pedroso Delanhense¹,
Adriely Vechiato Bordin¹, João Victor Pinho Nunes¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/nº, Bairro São Cristóvão, Umuarama – PR, CEP: 87020-900. E-mail: malufreitassilva0513@gmail.com, anolla73@uem.br, raphaelpedroso38@gmail.com, adrielyvechiato@hotmail.com, joao.victor.pinho.nunes.19@gmail.com

*autor correspondente: malufreitassilva0513@gmail.com

RESUMO: O sorgo granífero possui importância na produção brasileira, se destacando no cultivo para silagem. Contudo, no noroeste paranaense o cultivo é realizado em solos com baixa CTC, sendo necessária fertilização mineral ou orgânica, ou combinações, que sejam capazes de promover melhor eficiência. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de sorgo granífero associado à aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos em Argissolo Vermelho Distrófico típico. Cultivou-se sorgo em tambores de 250 L, cujos tratamentos foram vinhaça, esterco de frango, superfosfato simples, termofosfato, ½ vinhaça + ½ superfosfato simples, ½ vinhaça + ½ termofosfato, ½ esterco de frango + ½ superfosfato simples, ½ esterco de frango + ½ termofosfato e um tratamento testemunha. Exceto a testemunha, todos os tratamentos receberam aplicação de calcário. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições. Na colheita, avaliou-se a altura da parte aérea, diâmetro do caule, massa da matéria fresca e seca e produtividade. Avaliou-se o pH (CaCl₂) e o teor de fósforo disponível no solo. As combinações dos fertilizantes minerais e orgânicos foram eficientes no desenvolvimento do sorgo granífero. As adubações orgânicas juntamente com o calcário foram eficientes em aumentar o pH do solo. Os maiores teores de fósforo foram obtidos com adubações o uso de superfosfato simples e termofosfato.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo, silagem, fertilização do solo.

GROWTH OF SORGHUM BICOLOR IN A TYPICAL DYSTROPHIC RED ARGISOL UNDER DIFFERENT TYPES AND COMBINATIONS OF MINERAL AND ORGANIC PHOSPHATE FERTILIZERS

ABSTRACT: Grain sorghum plays an important role in Brazilian agricultural production, particularly standing out in silage cultivation. However, in the northwestern region of Paraná, its cultivation is carried out in soils with low cation exchange capacity (CEC), requiring mineral or organic fertilization, or combinations, that are capable of promoting better efficiency. This study aimed to evaluate the development of grain sorghum in response to different types and combinations of mineral and organic phosphate fertilizers applied to a Typical Dystrophic Red Argisol. Sorghum was cultivated in 250-liter drums and the treatments included: vinasse, poultry manure, single superphosphate, thermophosphate, ½ vinasse + ½ single superphosphate, ½ vinasse + ½ thermophosphate, ½ poultry manure + ½ single superphosphate, ½ poultry manure + ½ thermophosphate, and a control treatment. Except for the control, all treatments received lime application. The experiment was arranged in a randomized block design with four replications.

At harvest, plant height, stem diameter, fresh and dry biomass, and yield were evaluated. Soil pH (CaCl₂) and available phosphorus content were also analyzed. The combinations of mineral and organic fertilizers proved effective in promoting grain sorghum development. Organic fertilization combined with lime efficiently increased soil pH, while the highest phosphorus levels were observed under single superphosphate and thermophosphate.

KEY WORDS: Phosphorus, silage, soil fertilization.

INTRODUÇÃO

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) é uma espécie tropical caracterizada por sua elevada eficiência fotossintética e capacidade de adaptação a variadas condições edáficas (Embrapa, 2015). A cultura apresenta maior tolerância ao estresse térmico e hídrico, em comparação com o milho (*Zea mays*). Isto possibilita o cultivo de sorgo em ampla faixa de latitudes, abrangendo regiões com condições climáticas desafiadoras, incluindo altas temperaturas, déficit hídrico e períodos de seca (Andrade Neto et al., 2010).

Por ser uma cultura resistente, o sorgo é empregado em diversas finalidades, tendo como principal, a utilização na alimentação animal, por apresentar qualidade de fitomassa adequada através da silagem, que pode ser potencializada em consórcio com outras espécies forrageiras (Costa et al., 2015; Pariz, 2017).

O sorgo também é empregado em sistemas de manejo do solo, visando a conservação e sustentabilidade das áreas de cultivo. A base desses sistemas consiste na manutenção de cobertura do solo com resíduos vegetais. Entretanto, a maioria das culturas comerciais em monocultivo não produz volume de resíduos capazes garantir a proteção adequada do solo (Mateus et al., 2016). Já o sorgo, apresenta grande volume de matéria seca, sendo ideal para sistemas conservacionistas. Diante disso, o sorgo granífero vem tendo produtividade ascendente nas últimas safras, sendo que na safra 2024/2025 a produtividade foi de 3.530 kg ha⁻¹ (Conab, 2025).

Ainda assim, fatores como a baixa fertilidade do solo e as reduzidas aplicações de fertilizantes limitam a produtividade do sorgo (Aguiar et al., 2007). Segundo Embrapa (2015), o sorgo apresenta tolerância ao estresse hídrico, mas isso não se estende à adaptação adequada da cultura em solos degradados e de baixa fertilidade. Nesse estudo ainda foi constatado que o sorgo responde intensamente a melhorias na fertilidade do solo, sendo verificado que a maior exigência nutricional do sorgo é por nitrogênio e potássio, seguido por cálcio, magnésio,

fósforo. No que se refere ao transporte fisiológico desses nutrientes na planta, quase todo o nitrogênio e o fósforo é direcionado para os grãos.

O fósforo é fundamental para o metabolismo das plantas, participando ativamente da transferência de energia celular, respiração e fotossíntese. Além disso, é um componente essencial dos ácidos nucleicos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (Zucareli et al., 2006). O fornecimento adequado de fósforo é essencial desde os primeiros estágios de desenvolvimento das plantas, diferentemente dos outros nutrientes (Grant et al., 2001).

A disponibilidade limitada de nutrientes é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas em regiões tropicais. No que diz respeito aos nutrientes, o fósforo tem demonstrado limitada disponibilidade na maioria dos solos brasileiros (Mendes, 2012), o que justifica sua complementação com uso de fertilizantes (Cruz, 2015). Dessa forma, a falta do fósforo nos estágios iniciais das plantas pode ter consequências permanentes no desenvolvimento do sorgo, não sendo possível a recuperação total, mesmo com o aumento posterior no suprimento desse nutriente (Zucareli et al., 2006). Com isso, devem ser realizadas adubações fosfatadas para esse suprimento nutricional.

No entanto, a eficiência da adubação fosfatada é baixa, pois grande parte do fósforo adicionado se torna indisponível devido à adsorção específica no sistema coloidal negativo mineral (Holford, 1997). De acordo com Nolla et al. (2017), os solos de textura arenosa, que são a realidade do noroeste paranaense, tendem a ser originalmente ácidos com concentrações elevadas de alumínio (maior que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Além do fósforo estar presente em baixas concentrações nesses solos, a disponibilidade de fósforo para as plantas é influenciada pela adsorção em óxidos e precipitação com ferro e alumínio (Novais et al., 2007; Novais e Smyth, 1999; Silva et al., 2007).

Esses fatores fazem com que os solos tenham baixa disponibilidade de fósforo, limitando a capacidade de produção das culturas (Fernandes et al., 2013), pois a maior parte do fósforo nesses solos se encontra na forma não lábil, sendo fundamental o aumento da fração do fósforo disponível para as plantas (Neto et al., 2010).

O suprimento do fósforo no solo pode ser feito através da adubação mineral ou orgânica (Novais et al., 2007). Como vantagem, o uso de fertilizantes minerais apresenta disponibilidade imediata, alta concentração de nutrientes como o fósforo, de forma a promover o crescimento rápido das plantas cultivadas. No entanto, os fertilizantes fosfatados solúveis apresentam

problemas atrelados à fixação específica aos óxidos de ferro, reduzindo em curto prazo boa parte do efeito fertilizante (Raij, 2011). Como alternativa, tem sido utilizados fertilizantes orgânicos, como esterco animal, resíduos de indústrias sucroalcooleiras, os quais apresentam vantagem de promover manutenção do efeito fertilizante no decorrer do tempo. No entanto, estes adubos apresentam menor eficiência em curto prazo, o que pode comprometer o desenvolvimento adequado das plantas (Silva, 2019). Assim, com alternativa pode ser utilizado a combinação dos fertilizantes orgânicos e minerais, de forma a promover maior rapidez e manutenção da disponibilização de fósforo em solução, de forma a otimizar o crescimento de sorgo.

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de sorgo granífero associado à aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos para estabelecer o melhor tipo e/ou combinação para Argissolo Vermelho Distrófico típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Maringá (UEM), campus de Umuarama-PR. Cultivou-se *Sorghum bicolor* em vasos de 250 litros, preenchidos com Argissolo Vermelho Distrófico típico (Santos et al., 2018), cujos atributos químicos e teor de argila estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos e teor de argila (0-20 cm) de um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa utilizado como base experimental

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	H+Al	SB	T	V	Argila
CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----		-----	%	g kg ⁻¹
4,3	0,5	0,48	0,23	0,05	2,4	3,18	0,76	3,94	19,28	120

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺- extrator KCl 1 mol L⁻¹; P e K⁺- Mehlich (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); H⁺ + Al³⁺- Acidez potencial; SB- Soma de bases; T- Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V- Saturação por bases.

Foram utilizados vasos de 250 litros, os quais foram preenchidos pelo Argissolo utilizado no ensaio. Os tratamentos consistiram de aplicações de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos, sendo: esterco de frango, vinhaça, superfosfato

simples (SSP), Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Esterco de frango + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples e $\frac{1}{2}$ Esterco de frango + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, além de uma testemunha que não recebeu nenhuma aplicação de fertilizante. Exceto a testemunha, os demais tratamentos receberam a aplicação de 1,6 toneladas por hectare calcário para elevar a saturação por bases à 60%, recomendado para a cultura do sorgo (Pauletti e Motta, 2019). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros altura da parte aérea, produtividade, massa de matéria fresca, massa de matéria seca e diâmetro do caule

O sorgo foi cultivado durante um ciclo, de forma que realizou-se irrigação em época de estresse hídrico e o controle de pragas e plantas daninhas. Na colheita, as plantas foram coletadas e avaliou-se a altura, diâmetro caulinar, massa de matéria fresca e seca (secagem a 105^oC até massa constante) e estimou-se a produtividade em kg ha⁻¹.

No final do ciclo, o solo foi amostrado na camada de 0-20 cm de profundidade, com o uso de trado calador, seco a sombra em pratos de papel, posteriormente moído e tamisado em malha de 2 mm.

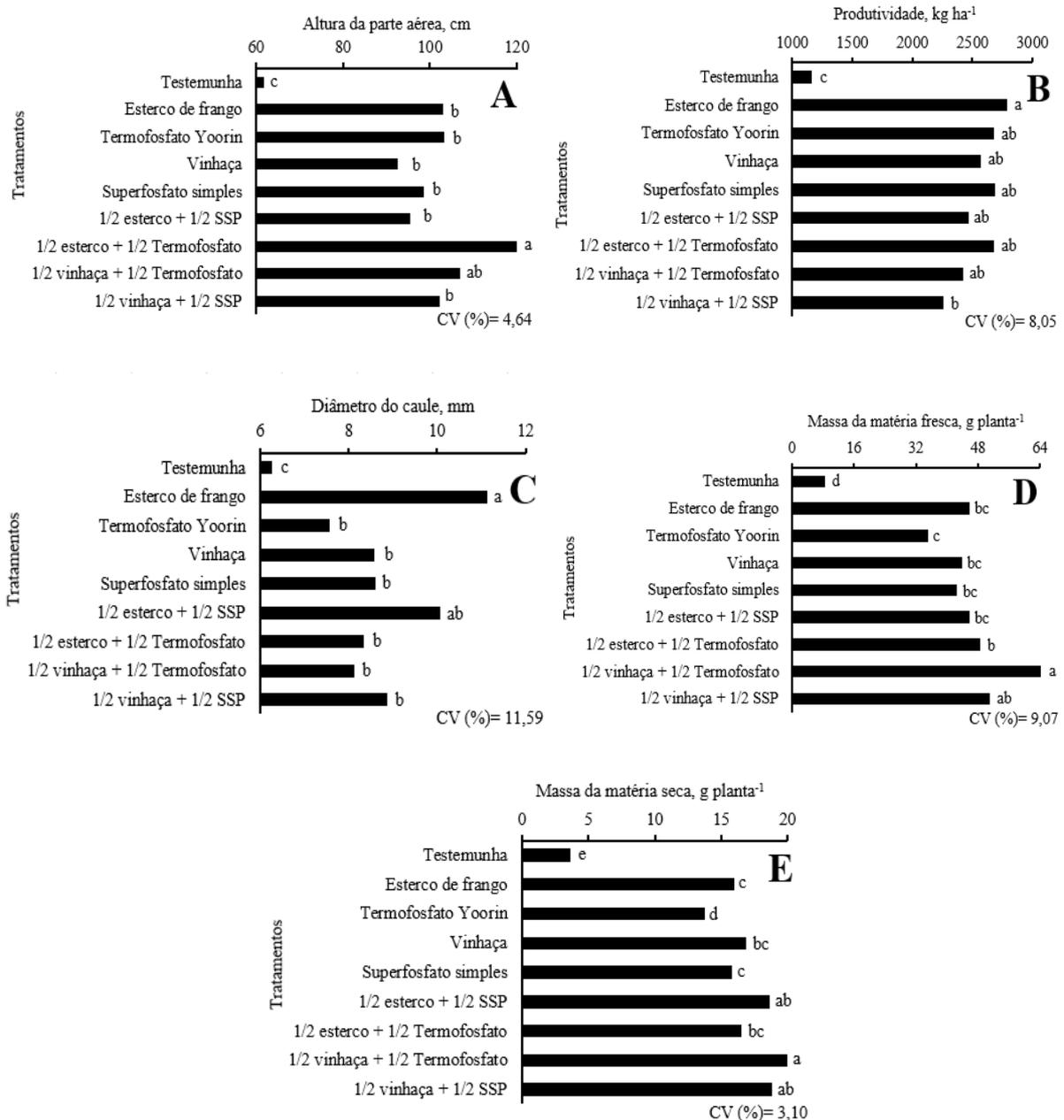
No laboratório, as amostras de solo foram avaliadas quanto o pH (CaCl₂) e o teor de fósforo disponível, seguindo a metodologia de Tedesco et al. (1995), utilizando-se o extrator Mehlich-1 e a leitura feita em espectrofotômetro a 680 nm.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativos, foram comparados por teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos bem como a combinação entre eles, favoreceram o desenvolvimento vegetal e a produtividade do sorgo. É possível notar que o uso de fertilizantes promoveu maior desenvolvimento das plantas quando comparado com o tratamento sem adubação (Figura 1), Isto comprova a capacidade da adubação mineral e orgânica em fornecer nutrientes, interferindo no desenvolvimento da cultura do sorgo. É importante destacar que apenas o tratamento testemunha não recebeu aplicação de calcário, consequentemente as plantas tiveram o desenvolvimento afetado pela condição de acidez não

controlada, ausência da elevação da saturação por bases ideal para cultura e dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} que são nutrientes essenciais para as plantas terem um desenvolvimento adequado (Raij, 2011).



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

Figura 1- Altura de parte aérea (A), produtividade (B), diâmetro do caule (C), massa fresca (D) e massa seca (E) de *Sorghum bicolor* em função da aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos em Argissolo Vermelho Distrófico típico.

A aplicação da combinação de Esterco com Termofosfato e da Vinhaça com Termofosfato promoveram maior altura da parte aérea das plantas (120,12 e 106,75 cm, respectivamente), se destacando significativamente em comparação as outras adubações. Além disso, todas as adubações se diferenciam da testemunha (Figura 1, A). Devido à sua alta solubilidade, os fertilizantes minerais são capazes de fornecer nutrientes às plantas de forma rápida, proporcionando altos níveis de nutrientes específicos (Silva, 2019), no entanto, oferecem um curto período residual no solo. Os adubos orgânicos por sua vez, liberam os seus nutrientes de forma gradual, estando presentes em todo o ciclo da cultura.

Já na variável produtividade, as plantas cultivadas sem adubação apresentaram o menor desempenho. A adubação exclusiva com esterco de frango apresentou o maior rendimento de grãos de sorgo, diferindo combinação de Vinhaça com SSP. As demais combinações de adubação mineral e orgânica foram semelhantes entre si e a produtividade do sorgo granífero foi elevada em até 2,4 vezes, comparando com a testemunha (Figura 1, B). De acordo com Mueller et al. (2013), as maiores produtividades comerciais foram alcançadas quando se combinou adubo orgânico com mineral, independente da dose, pois esses disponibilizam nutrientes essenciais como fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, além de matéria orgânica.

A aplicação de esterco frango gerou o maior diâmetro do caule (11,12 e 10,05 mm, respectivamente) e os demais fertilizantes e combinações utilizadas não diferiram entre si, sendo estatisticamente superiores ao tratamento testemunha. A combinação de vinhaça com termofosfato e de Vinhaça com SSP apresentaram o maior acúmulo de matéria fresca, diferindo dos demais tratamentos (Figura 1D). A vinhaça é um resíduo gerado no processo de destilação da cana-de-açúcar para a produção de etanol, sendo composta predominantemente por água (93%) e uma fração menor de sólidos (7%) (Lucena, 2014). A fração sólida desse resíduo é composta por diversos elementos minerais, destacando-se o potássio que representa cerca de 20% dessa porção (Marques, 2006). O potássio presente na vinhaça favorece o equilíbrio osmótico nas plantas, além de atuar como cofator enzimático essencial em diversos pontos metabólicos, essa atuação contribui diretamente para o crescimento e o desenvolvimento saudável das plantas (Bang et al., 2020; Sardans & Peñuelas, 2021).

Já para massa de matéria seca das plantas, os melhores resultados foram obtidos com a combinação de Vinhaça com Termofosfato, Vinhaça com SSP e Esterco com SSP (19,96, 18,79

e 18,55 g, respectivamente) (Figura 1E), de modo que diferiram do tratamento testemunha. A utilização da vinhaça em combinação com adubos minerais resultou em acréscimo do desenvolvimento da planta em quase todos os parâmetros avaliados. Isso deve ter ocorrido porque este resíduo agroindustrial é rico em nutrientes essenciais e propriedades orgânicas que melhoram a retenção e disponibilização de nutrientes no solo (Raij, 2011). De acordo com Embrapa (2007) a maior exigência nutricional do sorgo refere-se ao nitrogênio e potássio, seguindo-se o fósforo.

De forma geral, constatou-se que o desenvolvimento do sorgo granífero foi superior quando ocorreu associação dos fertilizantes orgânicos com os minerais. Isso pode ter ocorrido pela ação conciliada da disponibilização rápida de nutrientes pelo fertilizante mineral e a disponibilização gradual fornecida pelo fertilizante orgânico (Raij, 2011). Além disso, as combinações dos fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos evidenciam-se como uma alternativa sustentável em relação ao uso exclusivo de fertilizantes minerais.

Embrapa (2010) e Santos (2020), ressaltam a importância da disponibilidade do fósforo para o estado inicial da planta, onde ele terá papel essencial na produção de ATP, sendo a principal fonte de energia para a fotossíntese e essencial para o crescimento celular e desenvolvimento das raízes, que será o órgão vegetal responsável pela absorção dos nutrientes. Portanto, a combinação entre adubação mineral e orgânica une a disponibilidade rápida de fósforo com a disponibilização gradual de diversos nutrientes, resultando em um melhor desenvolvimento vegetal.

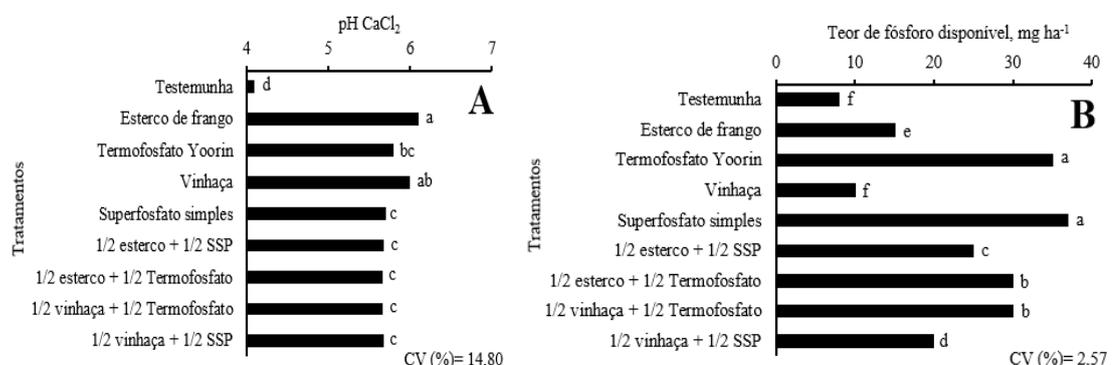
Os adubos orgânicos melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a sua capacidade de armazenamento de nutrientes, (Prado et al., 2013; Bordin et al., 2024). O aumento da quantidade de cargas elétricas no solo com adubação orgânica (Embrapa, 2010), irá maximizar a chance do fósforo se adsorver nas matrizes coloidais e ser disponibilizado para a planta (Partelli, 2008).

Por outro lado, os fertilizantes minerais fosfatados possuem alta solubilidade, fazendo com que os fosfatos acidulados liberem fósforo com mais facilidade e eficiência, trazendo um rápido desenvolvimento e produtividade das culturas (Ramos et al., 2009). Diante disso, esse benefício obtido pela combinação dessas duas fontes de fertilizantes se dá pela ação conciliada da disponibilização de diferentes tipos de nutrientes que são essenciais para o sorgo granífero.

O uso exclusivo de esterco de frango ou em combinação, apresentou destaque sobre os demais tratamentos em quase todas as variáveis avaliadas, proporcionando incrementos na cultura do sorgo. Provavelmente, isso ocorreu pela alta disponibilidade de nutrientes presente nesse composto. Segundo Santos et al. (2010), a baixa relação C/N no esterco de aves aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, especialmente o nitrogênio.

Segundo Albuquerque et al. (2013) o nitrogênio é um elemento importante na cultura do sorgo, sendo um dos que mais se acumulam no colmo e folhas e quase todo translocado para os grãos. Entre os materiais testados, o esterco de frango e a combinação de esterco de frango + adubação mineral foram os que mais contribuíram para a melhoria dos atributos químicos. Porque também incrementaram o teor de outros nutrientes, além de ampliar a capacidade de troca de cátions (Hoffmann et al., 2001).

No âmbito das análises de solo, observa-se que a aplicação de calcário foi eficiente em elevar o pH em comparação ao tratamento sem calagem (Figura 2, A), mesmo sem considerar as adubações realizadas. O calcário desempenha um papel crucial no solo, pois realiza a liberação de OH^- que reage neutralizando o Al^{+3} presente no solo, também associando as hidroxilas com os íons de H^+ e elevando o pH do meio (Almeida, 2018).



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

Figura 2- Valores de pH CaCl₂ (A) e teor de fósforo disponível (B) de um Argissolo Vermelho Distrófico típico em função da aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos.

O desenvolvimento das plantas foi proporcionalmente superior à elevação do pH do solo e à disponibilidade de fósforo em solução. A aplicação do calcário promove redução na toxidez

de Al e H, liberando cargas para os nutrientes serem adsorvidos no sistema coloidal e disponibilizados na solução do solo, para que seja possível a absorção pelo sistema radicular (Camargos, 2005). Através disso, percebe-se que os tratamentos com acidez neutralizada e incremento na disponibilidade de fósforo (Figura 2) proporcionaram melhor ambiente para que a planta fosse capaz de otimizar o seu potencial produtivo (Figura 1).

Com base nos resultados das análises do pH (CaCl_2), o tratamento testemunha apresentou valor de pH mais baixo (4,1), considerada uma condição de acidez, devido o não recebimento da aplicação de calcário e diferiu-se estatisticamente dos outros tratamentos. Outro fator que influencia esse resultado é o tipo de solo. De acordo com a Embrapa (2018) os Argissolos são originalmente ácidos devido ao alto grau de intemperismo.

Os tratamentos que se destacaram por apresentar maior valor de pH (CaCl_2), foram o uso isolado do esterco de frango (6,1) e da vinhaça (6,0), enquanto os outros tratamentos se igualaram pelo teste de média. Na pesquisa realizada por Bordin et al. (2024), foi avaliado que os tratamentos com adubos orgânicos se sobressaíram aos tratamentos minerais no quesito elevação do pH, destacando a eficiência dos adubos orgânicos em complexar o alumínio tóxico. Essa complexação ocorre, pois, a incorporação de material orgânico no solo em condições aeróbicas, resulta na oxidação do carbono orgânico, que perde elétrons para o oxigênio, formando íons com características básicas e de forma a reduzindo o efeito da acidez (Rosseto e Mutton, 2007).

Estudos realizados com o uso de vinhaça na adubação, revelaram aumento no pH e redução dos elementos tóxicos para as plantas (Prado e Fernandes, 2003), em razão da presença de agentes complexantes como a matéria orgânica, que promove menor efeito da acidez no sistema produtivo (Alcarde, 1992). Scherer e Nesi (2009), constataram que a utilização de esterco de frango foi capaz de elevar os valores do pH do solo, entretanto, não teve disponibilização significativa de fósforo no solo quando comparado aos fertilizantes minerais, assim como verificado nesse trabalho (Figura 2, B).

O menor teor de fósforo disponível foi observado no tratamento sem uso de fertilizantes (Figura 2B), e quando aplicou-se exclusivamente vinhaça, expressando menor teor de fósforo disponível no solo. Esse resultado ocorreu pela falta de adubação no tratamento testemunha, resultando no baixo teor de fósforo. Já no tratamento que recebeu exclusivamente vinhaça, a semelhança do teor de P com a testemunha ocorreu porque este adubo não possui alto teor de

fósforo em sua composição. A vinhaça apresenta baixo fornecimento de fósforo no solo, pois o nutriente que se destaca na sua composição química é o potássio (Barros et al., 2010). Com excessão da vinhaça aplicada exclusivamente, os demais fertilizantes e suas combinações (Figura 2, B) apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento testemunha, por receberem adubação com fertilizantes com concentrações de fósforo mais expressivas. Esse resultado afirma a necessidade da adubação fosfatada nos solos brasileiros que demonstram insuficiência desse nutriente (Ageitec, 2003).

Contudo, pode-se notar que os tratamentos exclusivos com fertilizantes minerais (Termofosfato e Superfosfato simples), se destacaram e registraram maiores teores de fósforo disponível no solo. Isso certamente está relacionado à alta solubilidade dos fertilizantes minerais, que liberam íons fosfato rapidamente e em grande quantidade, aumentando a concentração de fósforo na solução do solo (Bordin et al., 2024). O uso dos fertilizantes minerais em combinação com os orgânicos, apresentaram melhor eficiência no desenvolvimento da cultura do sorgo granífero, por suprir a necessidade nutricional da cultura, mas não substituem os fertilizantes minerais na disponibilização de fósforo. No entanto, é necessário, no decorrer do tempo (Silverol, 2006), a reaplicação dos fertilizantes, para que seja possível repor perdas de P devido à sua dinâmica e também devido à absorção pelas plantas, de forma a atender o a necessidade nutricional das plantas ao longo dos ciclos de desenvolvimento.

CONCLUSÕES

Os fertilizantes minerais e orgânicos promoveram incremento no desenvolvimento das plantas e parâmetros químicos do solo avaliados. As combinações de adubos fosfatados minerais e orgânicos foram mais eficientes quando comparados ao uso exclusivo dos fertilizantes testados.

As adubações orgânicas em conjunto com o corretivo de acidez foram mais eficientes em elevar o pH (CaCl_2) do solo. Os fertilizantes minerais Termofosfato e Superfosfato simples proporcionaram os maiores teores de fósforo disponível.

REFERÊNCIAS

AGEITEC – Agência Embrapa Informação Tecnológica. **Arvore do conhecimento – Uva para Processamento**. Brasília, 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html. Acesso em: 19 jul. 2024.

AGUIAR, L.M.S; MOARAI, A.V.C.; GUIMARÃES, D.P. Cultivo do sorgo. **Embrapa milho e sorgo**. Sistemas de produção, 2. Versão Eletrônica – 3ª edição. 2007, Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>. Acesso em: 20 jun. 2024.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENDES, M. C. Época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, p.116-134, 2011.

ALCARDE, J. C. **Corretivo de acidez do solo: características e interpretações**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).

ALMEIDA, R. A. S.; **Influência da umidade de dois calcários sobre a distribuição a lanço com equipamento centrífugo**. 2018. 47p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.2, p. 124-130, 2010.

BANG, T.C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K.H.; PERSSON, D.P.; SCHOJOERRING, J.K. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **Tansley Review**, Lancaster, v. 229, p. 2446-2469, 2020.

BARROS, R.P. et al. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p.341-346, 2010.

BENDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V; TUKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção de soja em solos com diferentes capacidades de tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.639-646, 2006.

BORDIN, A. V.; NOLLA, A.; SILVA, T. G. de torta de filtro e vinhaça para o cultivo de *Helianthus annuus* em argissolo vermelho distrófico típico. **Revista caderno pedagógico**, Curitiba, v.22, n.3, p.01-22, 2024.

CAMARGOS, S. L. **Acidez do solo e calagem (reação do solo)**. Material didático. Cuiabá, Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 26 f. 2005.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira: quinto levantamento: safra 2024/25**. Disponível em: [https://www.gov.br/conab/pt-br / atuaacao / informacoes-agropecuarias/ safras / safra-de-graos / boletim-da-safra-de-graos / 10o-levantamento -safra-2024-25/10o-levantamento-safra-2024-25](https://www.gov.br/conab/pt-br/atuaacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/10o-levantamento-safra-2024-25/10o-levantamento-safra-2024-25). Acesso em: 24 jun. 2025.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAM, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.3, p.818-829, 2015.

CUNHA, T. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 335p.

CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. S. F.; PELACAN, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento de camabu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.3, p.360-366, 2015.

EMBRAPA. Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alive/bitstream/doc/490953/4/Nutricaoedubacao.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

EMBRAPA. Importância da Morfologia Radicular na Eficiência da Aquisição de Fósforo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 31p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/876546/1/Doc105.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

EMBRAPA. Sistema de Produção de Melão. Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/manejo_do_solo.html. Acesso em: 25 jul. 2025.

EMBRAPA. Sorgo Granífero: Entenda a sua Safrinha com Segurança. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 65p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1020186/1/doc176.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p.1039-1042, 2011.

FERNANDES, A. R.; FONSECA, M. R.; BRAZ, A. M. S. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.4, p.54-62, 2013.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.81, n.2, p.211-224, 2001.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U. B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers' management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 263–275, 2001.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, Clayton, v.35, n.2, p.227-239, 1997.

LUCENA, E. H. L. **Efeito da aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura do sorgo sacarino visando produção de biomassa e rendimento de caldo**. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 67 f. 2014.

MAISSOJA. **Fósforo: importância, manejo e sintomas de deficiência**. Disponível em: [Fósforo: importância, manejo e sintomas de deficiência - MAIS SOJA - Pensou Soja, Pensou Mais Soja](#). Acesso em: 25 jun. 2025.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. G.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, Madson, v.108, n.1, p. 433-447, 2016.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livro Ceres. p. 369-375. 2006.

MENDES, F. F. **Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical**. 2012. 134p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MUELLER, S.; WANSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.86-92, 2013.

NETO, F. A.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. A. C. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.2, p.266-271, 2010.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PARIZ, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; MARTELLO, J. M.; PROTES, V. M.; LONGHINI, V. Z.; FRANZLUEBBERS, A. J. Production nutrient cycling and soil compaction to grazing of

grass companion cropping whit corn and soybean. **Nutr Cycl Agroecosyst**, Dordrecht, v.108, n.1, p.35-54, 2017.

PARTELLI, F. L.; BUSATO, J. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; CANELLAS, L. P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2065-2072, 2008.

PRADO, R. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, Jaboticabal, v. 2013, p. 1-8, 2013.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.287-296, 2003.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A. & BOLDRIN, P.F. Biomass production and phosphorus use of forage grasses fertilized with two phosphorus sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa 33, n.2, p.335-343, 2009.

ROSSETO, R.; MUTTON, M. A. **Workshop Tecnológico sobre vinhaça**. Ribeirão Preto: IAC, 2007. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br>. Acesso em: 06 jul. 2025.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.1267-1272, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5Ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. **Plants**, Basel, v.10, n.2, p.1-31, 2021.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.715-721, 2009.

SILVA, A. M. **Comparação de resultados do uso de fertilizantes minerais com fertilizantes organominerais biotecnológicos**. 2019. 36p. Trabalho de Conclusão de curso (Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

SILVA, M. O.; DUDA, G. P.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, D. A. Desempenho da mucuna preta quando adubada com diferentes tipos de fosfato. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 07, n. 01, p. 127-132, 2007.

SILVEROL, A. C. **Processo Humifert para fertilizantes alternativos organofosfatados: obtenção a partir do minério de Angico dos Dias, caracterização dos compostos e avaliação da eficiência agrônômica.** 2006. 179p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p. 1995.

ZUCARELI, C.; JUNIOE, E. U. R.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANE, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.1, p.09-15, 2006.