CENTRO UNIVERSITÁRIO DO VALE DO ARAGUAIA

EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO SORGO COM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ZINCO

VIVIANE STEFANY DOS SANTOS SANTANA

Barra do Garças – MT, novembro de 2024

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO VALE DO ARAGUAIA

EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO SORGO COM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ZINCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo acadêmica Viviane Stefany dos Santos Santana como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia pelo Centro Universitário do Vale do Araguaia, sob orientação da Professora Claudênia Ferreira da Silva.

Barra do Garças – MT, novembro de 2024

EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO SORGO COM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ZINCO

Viviane Stefany dos Santos Santana[1]; Claudênia Ferreira da Silva [2]

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do sorgo sob diferentes combinações de doses de adubo fosfatado e zinco, buscando entender se há uma interação que favoreça o melhor desenvolvimento da planta. Utilizou-se superfosfato simples, contendo 18% de P_2O_5, nas doses de 0,375g, 0,75g, 1,13g e 1,5g, misturadas antes da semeadura. Após a semeadura, foi realizada a adubação com sulfato de zinco (1,65g diluído em 2 litros de água) aplicada por rega em 20 vasos, enquanto outros 20 vasos receberam apenas água como controle. Após 40 dias, foram avaliados o número de perfilho, número de folhas, altura, comprimento da maior folha, diâmetro dos colmos e comprimento das raízes. Os resultados mostraram que não houve interação significativa entre o fósforo e o zinco, sendo que apenas a adubação com fósforo isolada apresentou efeito significativo no desenvolvimento das plantas.

Palavras-Chave: Fósforo; interação entre nutrientes; zinco.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the development of sorghum under different combinations of phosphate and zinc fertilizer doses, seeking to understand whether there is an interaction that favors better plant development. Simple superphosphate, containing 18% P_2O_5, was used at doses of 0.375 g, 0.75 g, 1.13 g and 1.5 g, mixed before sowing. After sowing, fertilization with zinc sulfate (1.65 g diluted in 2 liters of water) was applied by irrigation in 20 pots, while another 20 pots received only water as a control. After 40 days, the number of tillers, number of leaves, height, length of the largest leaf, stem diameter and root length were evaluated. The results showed that there was no significant interaction between phosphorus and zinc, and only phosphorus fertilization alone had a significant effect on plant development.

Keywords: Interaction between nutrients; phosphorus; zinc.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao seu cultivo e uso em grande escala, o sorgo ocupa a quinta posição entre os cereais mais produzidos globalmente. Ele é um alimento essencial na nutrição animal, mas ainda é pouco aproveitado na alimentação humana, com apenas 35% de sua produção sendo destinada a esse propósito (Mocellin 2020). O Brasil tem aumentado gradualmente a produção, especialmente porque o sorgo é frequentemente cultivado após variedades de soja ou milho, beneficiando-se de sua ampla adaptação às condições do solo e do clima (Andrade, 2020).

[1] Viviane Stefany dos Santos Santana do curso de bacharelado em Agronomia do Centro Universitário do Vale do Araguaia – vivianestefanysantana@gmail.com
[2] Claudênia Ferreira da Silva orientadora no Centro Universitário do Vale do Araguaia _claudeniaf@gmail.com

O cultivo do sorgo necessita de condições específicas de solo, temperatura e clima para assegurar um crescimento e rendimento adequados. Em relação ao solo, a planta prefere terrenos bem drenados e férteis, podendo se adaptar a diversos tipos, como solos arenosos e argilosos. O sorgo se desenvolve melhor em solos com pH entre 6 e 7,5, e a temperatura ideal para seu crescimento varia entre 25 e 35 °C. Ronak *et al.*, (2023). Portanto para uma boa produtividade da planta, os fatores de solo, clima, fertilidade e disponibilidade de nutrientes são critérios essenciais no rendimento do sorgo.

Os nutrientes desempenham um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando aspectos como a formação de tecidos vegetais, a fotossíntese, a resistência a doenças e a produção de frutos. A disponibilidade adequada de nutrientes no solo é essencial para garantir a saúde e o rendimento das culturas agrícolas. Estratégias de manejo de nutrientes, incluindo a aplicação balanceada de fertilizantes e o uso de práticas agrícolas sustentáveis, são essenciais para otimizar a nutrição das plantas e promover a produtividade agrícola.

Segundo Frederick e Louis (2007), O fósforo é absorvido pelas raízes e, em seguida, distribuído para todas as células da planta, concentrando-se mais nos órgãos reprodutivos. Uma semente deve ter uma quantidade adequada de fósforo, além de outros nutrientes essenciais, para garantir que as raízes se desenvolvam o suficiente para atender à demanda nutricional da planta a partir do solo. Um equilíbrio nutricional previne deficiências e doenças, que podem comprometer o crescimento e desenvolvimento da planta.

O zinco (Zn) é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é um componente de mais de 300 enzimas e participa de vários processos fisiológicos importantes, incluindo o metabolismo de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Liu *et al.*, (2022). A baixa concentração de Zn no solo, particularmente em solos com pH mais elevado limita sua absorção e transporte para o sistema radicular, tornando um nutriente expressamente importante de ser observado.

O manejo integrado de nutrientes é uma das práticas pelas quais a matéria orgânica do solo (MOS) e as propriedades físicas do solo são melhoradas. A aplicação de vários fertilizantes inorgânicos à base de P e Zn garante a disponibilidade de nutrientes durante os estágios críticos de crescimento das plantas, no entanto, pode aumentar sua fixação em vez de disponibilidade. Em conjunto, a disponibilidade e utilização de P e Zn contribuem para a dinâmica geral de P e Zn no sistema solo-planta. Portanto, a dinâmica do solo de P e Zn deve ser avaliada com a

perspectiva de sua absorção e utilização pelas plantas para melhorar e otimizar as estratégias de manejo (Nadeem *et al*., 2024).

Considerando que o Brasil possui uma área de produção de sorgo de 2.923.318 toneladas (IBGE 2022), e que grande parte dessa produção demanda de adequada interação dos nutrientes, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar a o desenvolvimento do sorgo sob doses de adubo fosfatado e de zinco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro à dezembro de 2022 (por 51 dias) em vasos de 5 litros, dispostos à campo no Centro Universitário do Vale do Araguaia, em Barra do Garças, Mato Grosso, com a localização geográfica situada em latitude sul 15° 53’ 18” e longitude oeste 52° 16’ 44”, com altitude média de 31m, onde a temperatura no período experimental variou entre 20,16°C e 38,16ºC, a umidade média foi de 22,1 e a precipitação acumulada foi de 120 a 240 (Inmet 2022).

Analisou-se o desenvolvimento do sorgo sobre diferentes combinações de doses de adubo fosfatado com presença e ausência de zinco. Foi utilizado o híbrido de sorgo silagem da variedade nusil 426 com categoria S1, no delineamento de blocos casualizado, com arranjo fatorial de 2x5 repetições.

O solo usado para compor os vasos foi coletado na fazenda Estrela do Pontal no município de General Carneiro, Mato Grosso com a localização geográfica situada em uma latitude 15º42'39" sul e a uma longitude 52º45'19" oeste. De acordo com as análises químicas de solo, apresentou os seguintes valores: Areia = 80,2%, silte = 38% e argila = 16%, pH em CL = 5,4%; P = 11,6 mg dm^{-3}; K = 48,7 mg dm^{-3}; Ca = 3,35 $cmol_c$ dm^{-3} ; Mg = 1,02% $cmol_c$ dm^{-3}; Al =0,00% $cmol_c$ dm^{-3}; H+Al= 2,06% $cmol_c$ dm^{-3} ; M.O. = 1,08% g Kg ; CTC = 1,78 $cmol_c$ dm^{-3}; V = 63,20% ; Zn = 0,7 mg dm^{-3} ; Cu = 0,2 mg dm^{-3}; Fe = 47 mg dm^{-3}; Mn= 22,8 mg dm^{-3}; B= 0,11 mg dm^{-3}; S= 8 mg dm^{-3}.

Com base nos valores destes resultados e nas recomendações de Sousa e Lobato (2004), as doses de fósforo e zinco foram estabelecidas. Para o fósforo, foi utilizado o adubo superfosfato simples que contém18% de P_2O_5, 16% de cálcio e 14% de enxofre, nas doses de T= O, T1 = 0,375g (7,5kg/há$^{-1}$), T2 = 0,75g (15kg/há$^{-1}$), T3 = 1,13g (22,6kg/há$^{-1}$), T4 = 1,5g (30kg/há$^{-1}$) que foram misturados por vaso, no solo, antes da semeadura do sorgo.

Cada vaso recebeu 10 sementes inseridas no solo de 2 a 3 cm de profundidade. Após a semeadura realizou-se a adubação de zinco, utilizando o adubo sulfato de zinco na dose de 1,65 g o que é equivalente a dose de 33kg/há$^{-1}$, este adubo foi diluído em 2,0 litros de água, e aplicado por rega 100 ml de solução preparada em 20 vasos. Para os outros 20, foram aplicados 100 ml de água, sem a solução de zinco para servir de testemunhas.

O N e K e micros, exigidos pela análise de solo, foram diluídos em 4,0 litros de água, nas seguintes dosagens 8,6g (172kg/há$^{-1}$) de cloreto de potássio, 4,55g (91kg/há$^{-1}$) de ureia, 0,4g (8kg/há$^{-1}$) ácido bórico, 0,27g (5,4kg/há$^{-1}$) de sulfato de cobre, aplicados 100 ml por vaso, superficialmente e longe das sementes.

Aos 8 dias após a semeadura realizou-se o desbaste deixando 2 plantas por vaso. Ao decorrer do período experimental foram realizados a capina manual, irrigação e controle de pragas. Quando o sorgo apresentou de 5 a 6 folhas, aplicou-se nitrogênio na cobertura, utilizando a ureia na dosagem de 6,83g o que é equivalente a 136,6kg/há$^{-1}$, diluído em 4,0 litros de água. Cada vaso recebeu 100 ml da solução, aplicados superficialmente e longe das plantas.

Após os 40 dias da semeadura, avaliou-se número de folhas de cada planta do vaso, altura até a última lígula visível, comprimento da maior folha da base da planta até a ponta, diâmetro dos colmos. Posteriormente, o material foi levado a estufa a uma temperatura de 60 a 70º C por 72 horas para serem coletados a matéria seca de colmo, matéria seca de raiz e matéria de parte aérea total. Também foram avaliados os fatores zinco, e fósforo isolados e a interação destes dois nutrientes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e na sequência realizada analise de regressão para o fator dose de fósforo e teste de F para o fator presença e ausência de zinco, com 5% de probabilidade no programa SISVAR (Ferreira, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator zinco analisado isoladamente não influenciou significamente nenhuma das variáveis observadas, número de folhas, comprimento de folhas, altura de planta (cm) e diâmetro de colmo (cm). Já o fator doses de P_2O_5 sem adição de zinco, não obteve interação na variável número de folhas, constratando com as variáveis comprimento de folhas, altura de folhas (cm), diâmetro de colmo (cm), matéria seca de colmo, matéria seca de folha e matéria seca de parte aérea total, onde, apresentaram efeito influenciando no desenvolvimento da planta

de sorgo. A interação entre os nutrientes fósforo e zinco não ocorreram efeitos, dentre as variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância (ANAVA) para o número de folhas, comprimento das folhas, altura de plantas e diâmetro do colmo, considerando os fatores zinco e fósforo.

ANAVA	Nº De Folhas	Cm De Folhas	Altura (cm)	DC (cm)	Ms Colmo	Ms Folha	Ms Total
ZINCO	0,5165 NS	0,2195 NS	0,0888 NS	0,9321 NS	0,6055 NS	0,9001 NS	0,8776 NS
Dose P2O5	0,0863 NS	0,0001 *	0,0001 *	0 *	0,001 *	0,0012 *	0,001 *
Zinco X P2O5	0,3252 NS	0,2048 NS	0,7282 NS	0,0658 NS	0,104 NS	0,1666 NS	0,1439 NS
Media Geral	8,45	63,875	16,41	0,82	3,2915	4,5595	7,851
CV%	14,23	11,32	13,1	15,69	45,03	42,7	43,286

NS= não significativo; P_2O_5 = fósforo; * significativo a 5%; DC = diâmetro de colmo;
Nº = número; Cm = comprimento; MS = matéria seca; (cm) = centímetros

Santos *et al.* (2021) notaram em seus estudos que a aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados é um dos principais fatores que podem desencadear a deficiência de zinco no solo. Além disto, condições adversas como altas temperaturas, e baixa umidade podem favorecer a inibição deste micronutriente. Corroborando com isso Kume *et al.* (2021) evidenciou que a deficiência de zinco na solução nutritiva compromete o crescimento das plantas.

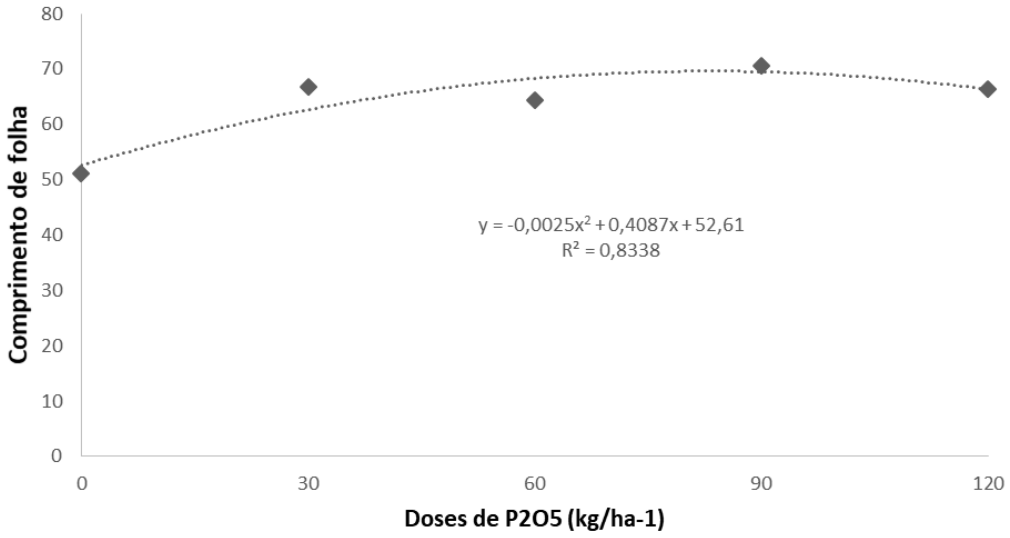
No tratamento doses de P_2O_5 sem adição de zinco notou-se efeito nas variáveis altura de plantas, comprimento de folhas e diâmetro de colmo, constratando com Vieira (2021), onde em seu estudo foi observado que com o aumento das doses de fósforo o efeito no peso dos grãos de milho é diretamente proporcional, sugerindo uma maior eficiência da utilização do fósforo pelas plantas no sistema experimental. Souza *et al.* (2020) afirmam que a solubilidade em água das fontes de fósforo no caso do superfosfato simples garante uma maior disponibilidade do nutriente para as plantas ao longo do tempo, devido à rápida diluição na solução do solo.

A não ocorrência de interação do nutrientes fósforo e zinco, pode ter ocorrido de acordo com K. Sunitha *et al.*, (2023) pois a força relativa da ligação P–Zn é forte e não se rompe facilmente sem mudanças drásticas no ambiente físico ou químico. Se o excesso de P ligar uma grande quantidade de Zn normalmente disponível para a planta, o resultado pode ser uma deficiência de Zn induzida por P. Para que todos os nutrientes fiquem disponíveis de forma com que a planta absorva e complete o seu ciclo, a disponibilidade de um nutriente afeta de forma proporcional, a presença ou ausência de outro. Ficando evidente que, o fósforo pode ter afetado a disponibilidade total do zinco. A relação antagônica entre fósforo e zinco, quando ambos estão

em níveis insuficientes, impacta negativamente a produtividade agrícola, limitando a absorção e utilização desses nutrientes pelas plantas.

No comprimento de folhas (CM) a equação quadrática mostra que, até um certo ponto, o aumento nas doses de P_2O_5 resulta em um aumento no comprimento da folha. No entanto, as doses mais altas de P_2O_5 começam a ter um efeito negativo, diminuindo o comprimento da folha após atingir valor máximo de 81.74kg/ha^{-1} (Figura 1).

Figura 1. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo P_2O_5 no comprimento de folhas (cm) da planta de sorgo.



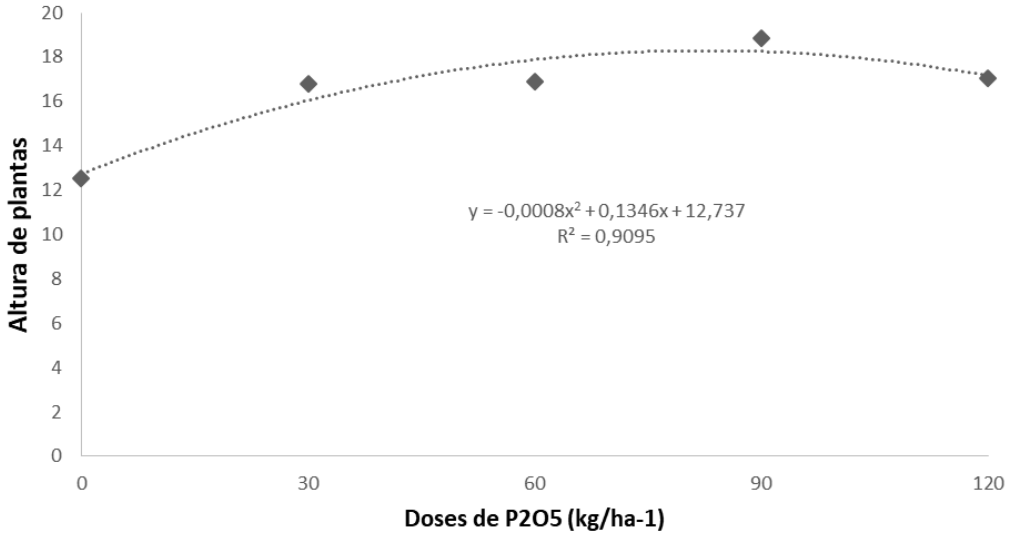
Corroborando com este estudo Cabral *et al*. (2020) diz que o aumento do comprimento das folhas está diretamente relacionado ao acréscimo das dosagens de fósforo, destacando a importância desse nutriente para o desenvolvimento da planta de sorgo. O fósforo é um elemento essencial presente em todas as células vivas, integrando biomoléculas como proteínas, ácidos nucleicos, ATP (adenosina trifosfato) e os lipídios das membranas celulares. Na nutrição vegetal, ele é classificado como um macronutriente, sendo necessário em grandes quantidades pelas plantas. Isso se deve ao seu papel fundamental em processos vitais, como o metabolismo energético e a fotossíntese, condicionando à planta uma maior área foliar (Lima, 2020).

Moura (2019) destaca que o comprimento das folhas é um indicador importante do desenvolvimento das plantas, já que folhas maiores promovem um melhor aproveitamento da luz solar e, consequentemente, otimizam a produção de biomassa. Plantas com maior área foliar tendem a estar mais bem preparadas para enfrentar as condições de campo, com maior potencial de produtividade.

Ao contrário do que diz Garcia (2022), em seu estudo relata que o excesso de fósforo pode ter causado desequilíbrio nutricional comprometendo o desenvolvimento foliar e absorção de micronutrientes essenciais, como o zinco. Esse desequilíbrio afeta não apenas a parte área da planta, mas também prejudica a eficiência da conversão de energia durante a fotossíntese, reduzindo o desempenho da planta.

A variável altura de plantas (AP) assim como na (Figura 1) também favoreceu o aumento de comprimento de folha a medida que o P_2O_5 é adicionado na solução do solo. Todavia quando atingiu valor máximo de 84.13kg/ha^{-1} se tornou excessivo para a planta (Figura 2).

Figura 2. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo (P_2O_5) na altura de plantas (cm) da planta de sorgo.



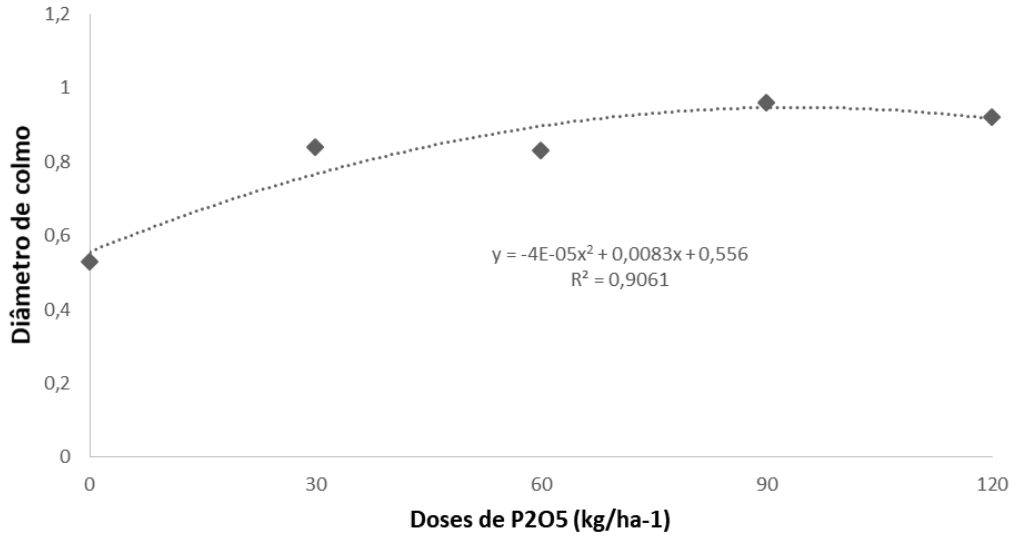
Rodrigues (2024) apresenta em seu estudo que com doses de 60kg/ha^{-1} P_2O_5 teve efeito positivo sob a altura das plantas. Esse efeito pode ser atribuído à relação direta do fósforo com o crescimento vegetativo das plantas. O fato da planta representar resposta positiva em termos de altura com a adubação fosfatada ressalta a importância desse nutriente no metabolismo, transferência de energia celular, respiração e na fotossíntese, sendo assim, a limitação na disponibilidade de fósforo pode resultar em restrições ao desenvolvimento vegetal (Decker, 2019).

Em estudos feitos por Oliveira (2021), ficou evidenciado que o fósforo foi um fator decisivo para os resultados no diferimento do capim Marandu, onde as plantas apresentaram maior altura de folhas. Duarte (2021) também observou em seus estudos que o fósforo está

relacionado ao aumento da altura da planta, juntamente com o maior comprimento das folhas, resultando em um maior número de pontos de inserção de folhas.

A equação quadrática mostra que, até um certo ponto, o aumento das doses de P_2O_5 resulta em um aumento no diâmetro de colmo (DC). No entanto, doses mais altas tendem a um efeito negativo, diminuindo o (DC) após atingir valor máximo de 103,75 kg/ha^{-1} (Figura 3).

Figura 3. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo (P_2O_5) no diâmetro de colmo (cm) da planta de sorgo.



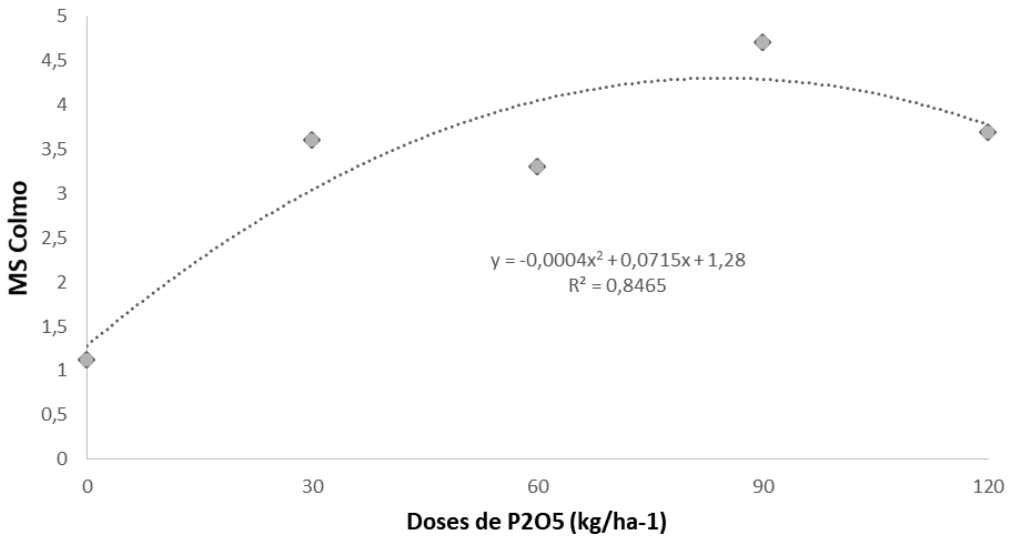
Lopes (2021) afirma que o colmo, além de fornecer suporte mecânico à planta, atua como um importante tecido de armazenamento, promovendo a translocação e acumulação de fotoassimilados, principalmente amido. Um maior diâmetro do colmo indica um aumento na capacidade de armazenamento dessas reservas, o que pode beneficiar a produção de grãos e a qualidade final da cultura. Corroborando para o presente estudo, Rodrigues *et al.*, (2023) diz que a aplicação adequada de fósforo contribui para o aumento do diâmetro do colmo, já que esse nutriente está envolvido em processos essenciais como o metabolismo energético e a translocação de carboidratos. Carvalho (2020) também observou que o aumento progressivo no diâmetro de colmo está correlacionado as doses de fósforo elevadas, resultando em um crescimento continuado da planta, o que evidencia uma relação direta entre a quantidade aplicada de fósforo e o desenvolvimento da planta.

Por outro lado, o excesso de fósforo pode resultar em colmos mais finos e frágeis, comprometendo tanto o suporte físico da planta quanto sua capacidade de armazenar e translocar nutrientes, o que impacta negativamente no desenvolvimento e produtividade geral

da planta. Isso ocorre porque doses excessivas de fósforo podem desbalancear a absorção de outros nutrientes essenciais, como zinco, ferro e cálcio, que são fundamentais para o desenvolvimento estrutural da planta.

Na matéria seca do colmo a equação quadrática mostra que até a dose de 89,38 kg/ha^{-1} a favoreceu a matéria seca mas à partir desta dose, se tornou excessiva para a planta (Figura 4).

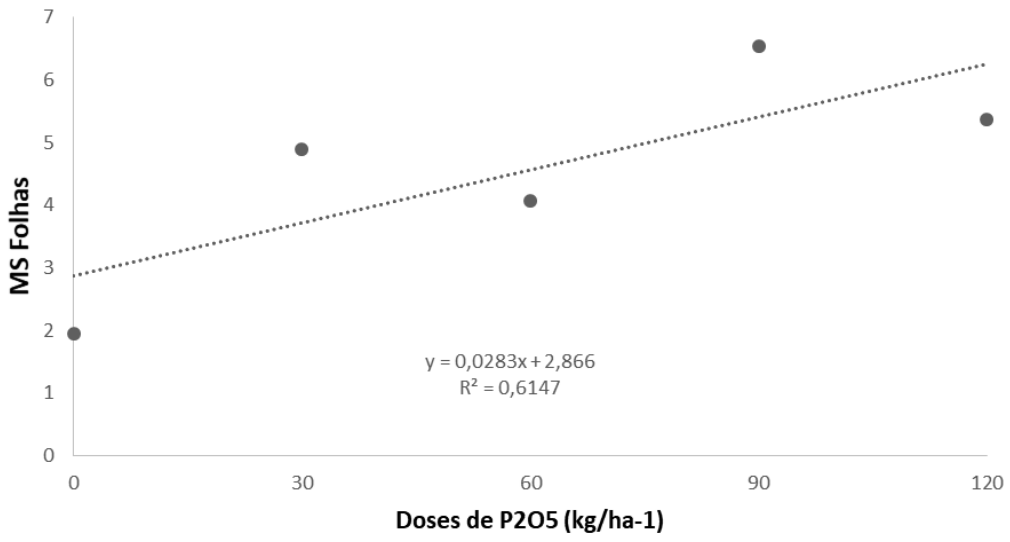
Figura 4. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo (P_2O_5) na matéria seca do colmo na planta de sorgo.



Pinedo et al (2022) ressalta que a matéria seca de colmo é base para a formulação de dietas para animais. Ao conhecer o teor de MS nas forragens, é possível calcular a quantidade exata de cada alimento a ser incluída na dieta, garantindo que os animais recebam a quantidade adequada de nutrientes para manterem sua saúde e produtividade.

Na matéria seca das folhas o ponto máximo ocorre entre as doses de 90 a 120 kg/ha^{-1} beneficiando a planta de sorgo (Figura 5).

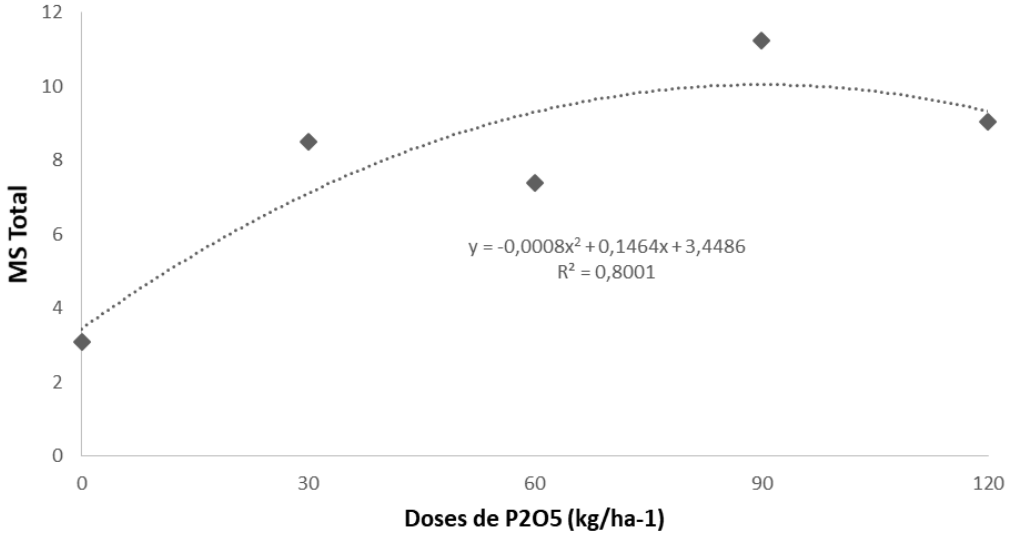
Figura 5. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo (P_2O_5) na matéria seca da folha na planta de sorgo.



Araújo *et al.* (2021) observou em seus estudos realizado com mogno-africano, que doses crescentes de fósforo promoveram uma matéria seca foliar mais intensa, provavelmente devido ao aumento da atividade fotossintética e à estimulação da biossíntese de folhas. Essa relação indica que o fósforo desempenha um papel crucial na formação de novas folhas. Contudo, é importante ressaltar que a disponibilidade excessiva de fósforo pode ter efeitos deletérios sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Bonfá *et al* (2020) avaliou que para que haja um melhor rendimento de massa seca de folhas do capim Xaraés, deve-se utilizar uma adubação fosfatada, em conjunto com os outros nutrientes visto que são essenciais para que haja um melhor estabelecimento de pastagens.

Na matéria seca da parte aérea total a equação quadrática mostra que até a dose de 91,5 kg/ha^{-1} favoreceu a matéria seca mas à partir desta dose, se tornou excessiva para a planta (Figura 6).

Figura 6. Efeitos de diferentes dosagens de fósforo (P_2O_5) na matéria seca da parte aérea total da planta se sorgo.



Segundo TAROUCO *et al*., (2021) a matéria seca total de uma planta, é resultado direto da fotossíntese e da absorção de nutrientes minerais, ela serve como um excelente indicador de seu vigor e desenvolvimento. Essa medida quantifica a eficiência com que a planta converte a energia solar em biomassa e a capacidade de adquirir os elementos essenciais para o seu crescimento. Dominico; Lustosa e Àvila (2020) afirmam em seu estudo que a massa seca total de uma planta é determinada pela soma da biomassa inicial e do crescimento diário ao longo do experimento. O desenvolvimento vegetal é um processo integrado, onde a parte aérea e a raiz interagem continuamente. A fotossíntese, que ocorre na parte aérea, fornece os nutrientes para o crescimento das raízes, enquanto estas, por sua vez, absorvem água e minerais essenciais para a produção de biomassa aérea. Contudo, é importante ressaltar que a disponibilidade excessiva de fósforo pode ter efeitos deletérios sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo constatou que os nutrientes fósforo e zinco quando aplicados juntos não obtiveram efeitos. Ainda, notou-se que o fósforo quando observado isolado propiciou aumento nas variáveis observadas até certa dose, logo as doses excessivas causaram efeitos negativos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDADRE, M. G. O. **Avaliação de cultivares de sorgo submetidos a aplicação de fósforo e ethephon.** 2020. 50f. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual Universidade Estadual Paulista. Faculdade De Engenharia, Ilha Solteira. 2020.

ARAÚJO, Matheus da Silva *et al.* Fósforo no crescimento inicial de mogno-africano. **Advences in Forestry Science**, Cuiabá, v. 8, n.1, p. 1301-1309. 2021.

BONFÁ, Caroline Salezzi *et al*. Pastagem de Capim Xaraés consorciada com Estilosantes Campo Grande sob diferentes doses de fósforo. **Brazilian Journal of Development,** v.6, n.8, p.60263-60271, agosto. 2020.

CABRAL, Fernando Luiz *et al.* Níveis de fertilização de fósforo mineral e organomineral na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, 10 jun. 2020. p.36414-36426

CARVALHO, Felipe Hernandes**. Aplicações de NPK em sorgo granífero nas condições de cerrado.** Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos. 56p. Rio Verde. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2020.

DECKER, João Victor Rampi. **Dinâmica do fósforo no solo e na cultura do milho (*Zea mays*) após a aplicação de condicionadores de solo como biochar e zeólitos**. Mestrado em Agroecologia. 16p. Bragança. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

DOMINICO, Celina de Fátima Tullio; LUSTOSA, Sebastião Brasil Campos; FABRÍCIO, William de Àvila. Acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio por azevém. **Research, Society and Development**, Santa Cruz, v. 9, n. 10, e8149109115, out. 2020.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Lavras: Ed. Ufla, 2 ed. ampliada e revisada. 2009. p. 1-664.

GARCIA, Cesar Julio; MENDES, Marcio Barion. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research,** Ribeirão Preto, 31 mar. 2022. V.5, n.2, p. 2003-2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Produção de sorgo**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/sorgo/br. Acesso em: 02 de setembro 2024.

INNMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações convencionais**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/>. Acesso em: 02 de setembro de 2024.

KUMARI, K. Sunitha *et al*. Organic Remobilization of zinc and phosphorus availability toplants by application of mineral solubilizing bactéria *Pseudomonas aeruginosa*. **Helyon**, v. 9, ed. 11, p.1-11. nov. 2023.

KUME, Willian Tsuyoshi *et al.* Desordens nutricionais provocadas por deficiência e excesso de zinco em plantas de milho. **Cientifica**, Dracena-SP, v. 49, n. 4, p.165-173. 2021.

LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar; Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física,** Petrolina – Pernambuco, v.13, n.03, p.1062-1079, mar. 2020.

LIU, Zhilei. Zinc application after low temperature stress promoted rice tillers recovery: Aspects of nutrient absorption and plant hormone regulation. **Plant Science,** Elsevier, v. 313, p.11104, jan. 2022.

LOPES, Gabriel Henrique de Aguiar *et al.* MILHO safrinha: efeito da adubação fosfatada associado a área de cultivo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. Curitiba, abr./jun. 2021.7p.

MOCELLIN, Kérli Daiana; MARQUEZI, Milene. **Sorgo granífero (***Sorghum bicolor* **L. Moench): uma revisão sobre as propriedades humanas e utilização do grão na alimentação humana.** Pós graduação em ciência e tecnologia de alimentos. 15p. Santa Catarina. IFSC, 2020.

MOURA, Geovane Alves de. Desempenho agronômico de pornunça submetida a duas alturas de corte e consorciada com clones de palma forrageira. 2019. 44 f. **Monografia Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Federal Rural de Pernambuco,** Agronomia, Serra Talhada, PE, 2019.

NADEEM, Faisal *et al.* Phosphorus (P) and Zinc (Zn) nutrition constraints: A perspective of linking soil application with plant regulations**. Environmental and Experimental Botany**. Elsevier, v. 226, p.105875, nov 2024.

OLIVEIRA, Juliana Silva. **Adubação fosfatada no diferimento e rebrota do capim Marandu**. Pós graduação em ciência animal tropical. 96p. Tocantins, Universidade Federal do Tocantins Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2021.

RODRIGUES, Daniel Henrique Santana *et al.* Uso de bactérias solubilizadoras de fosfato para potencializar o crescimento de variedades de Cana-de-Açúcar. **Ensaios e Ciências,** São Paulo, v.27, n.3, p.254-260. 2023.

RODRIGUES, Kamilla Valeriano. **Desempenho agronômico do sorgo forrageiro para silagem.** 22p. Goiânia. Pontifícia universidade católica de Goiás pró-reitoria de graduação escola politécnica e de artes curso de agronomia, 2024.

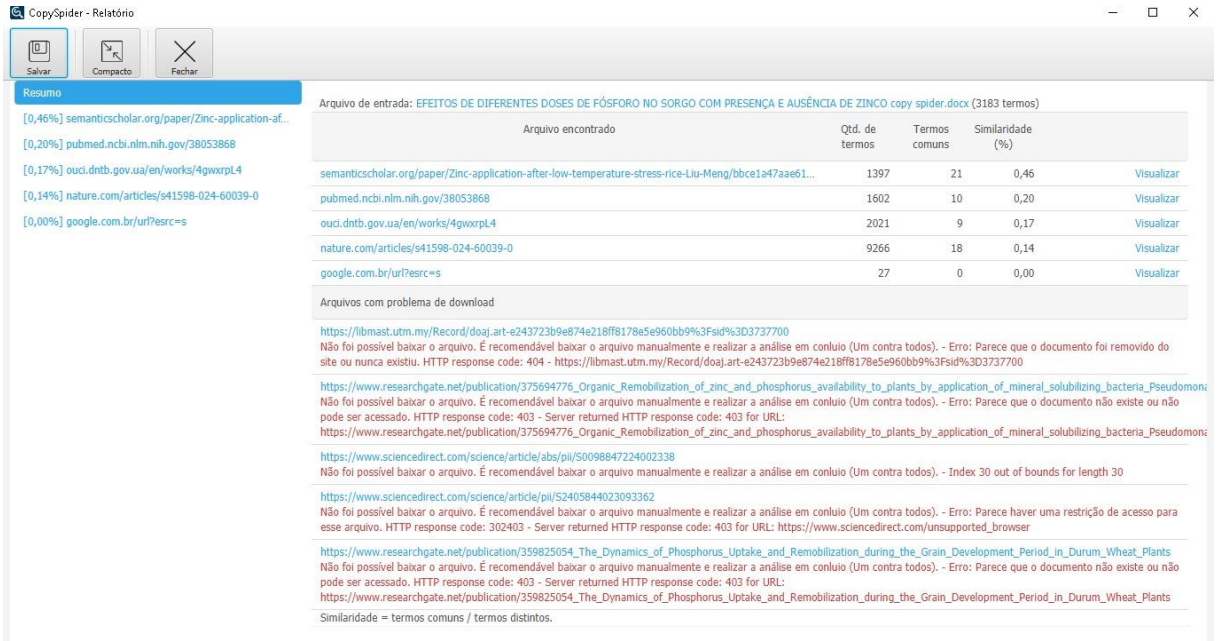
SANTOS, Fernanda Dias *et al*. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-lógica**. Santa Cruz do Sul. v. 25, n. 2, p. 272-278, jul/dez. 2021.

SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed., Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. p.416.

SOUZA, D. J. A. *et al*. Efeito de diferentes fontes e solubilidade de fósforo no desenvolvimento e nutrição do capim Mombaça. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 3, p.72-83, 2020.

PINEDO, Lerner Arévalo *et al*. Perdas de matéria seca e perfil fermentativo de silagens de sorgo cultivados na Amazônia Ocidental. **Research, Society and Development**. Acré, v. 11, n.8, e20811830668, p.1-8 jun. 2022.

TAROUCO, Camila Peligrinotti *et al*. Atividade fotossintética e produção de biomassa de clones de batata em função da disponibilidade de fósforo no solo**. Research, Society and Development**, v.10, n.8, e24310817326, 2021.

TROEH, Frederick R.; THOMPSON, Louis M.; **Solos e Fertilidade do solo**. 6 ed., São Paulo: Andrei, 2007. 348 p.

VIEIRA, Nilson Darlan. **Resposta da soja a fontes e doses de fósforo em solos com diferentes teores de argila**. Dissertação de mestrado**.** 91p. Londrina Universidade Federal de Londrina, 2021.