Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

SORGO GRANÍFERO CULTIVADO COM DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO

Grain sorghum cultivated with different phosphorus doses

Felipe Albino Malta da SILVA
Universidade do Estado de Minas Gerais
felipe.malta1@gmail.com

Edson José da Silva Campos JÚNIOR
Universidade do Estado de Minas Gerais
ejsil@hotmail.com

Jaqueline Maria do NASCIMENTO
Agrocete
agronomiaufmg011@gmail.com

Christiano da Conceição de MATOS
Universidade do Estado de Minas Gerais
christianomts@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.46636/recital.v4i3.327

Resumo

No decorrer dos últimos anos, foram desenvolvidos híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] de alta produtividade, a exemplo do sorgo granífero Nugrain 430. Hipotetiza-se que esses novos materiais sejam mais responsivos à adubação, especialmente, no cultivo de safrinha. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de fósforo sobre o crescimento e a produtividade de um novo genótipo de sorgo granífero, o Nugrain 430, cultivado em safrinha. O experimento foi realizado no campo em delineamento em blocos ao



acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de fósforo, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5, aplicados nas linhas de plantio de sorgo variedade Nugrain 430, utilizando-se como fonte o nutriente o MAP (fosfato monoamônico). As plantas foram colhidas aos 117 dias após semeadura (DAS). De maneira geral, não houve efeito das doses de P no crescimento e produtividade do sorgo granífero. Houve incidência de três geadas na região, o que pode ter contribuído para a ausência de resposta ao aumento do fornecimento de P no solo. Conclui-se que o aumento de doses de P_2O_5 não influencia o crescimento e a produtividade do sorgo granífero Nugrain 430 cultivado em safrinha.

Palavras-chave: Adubação fosfatada. Safrinha. Nutrição de plantas.

Abstract

Several *Sorghum bicolor* (L.) Moench hybrids and varieties of high productivity have been developed in the last years, such as grain sorghum Nugrain 430. It is hypothesized that these new sorghum materials have better response to fertilization than the one usually practiced, especially in off-season cultivation. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing doses of phosphorus on the growth and productivity of a new grain sorghum genotype, Nugrain 430, grown in off-season. The experiment was carried out in the field in a randomized block design, with four replications. The treatments consisted of five doses of phosphorus, 40, 60, 80, 100 and 120 kg ha^{-1} of P_2O_5, applied in the planting lines of sorghum variety Nugrain 430, using MAP (monoammonium phosphate) as the nutrient source. Plants were harvested at 117 days after sowing (DAS). In general, there was no effect of P doses on the growth and productivity of grain sorghum. There was an incidence of three frosts in the region, which may have contributed to the lack of response to the increase in P supply in the soil. It is concluded that the increase in P_2O_5 doses does not influence the growth and productivity of grain sorghum Nugrain 430 grown in off-season.

Keywords: Phosphate fertilizing. Second crop cultivation. Plant nutrition.

INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é o quinto grão mais cultivado no mundo, superado apenas por milho, trigo, arroz e cevada (DILLE *et al.*, 2020; RASHWAN *et al.*, 2021). É cultivado em diversas regiões do mundo para alimentação humana e, principalmente, para os animais. No Brasil, é muito utilizado como matéria prima na fabricação de rações para aves e suínos, além de forragem para ruminantes (MENEZES *et al.*, 2014). A cultura do sorgo se adapta bem a ambientes onde há condições de deficiência hídrica (MARIGUELE; SILVA, 2002), o que possibilita sua expansão em regiões com distribuição irregular de chuvas e, até mesmo, seu uso em sucessão a culturas de verão. Essas características contribuem para os aumentos sucessivos de área cultivadas e de produção de sorgo observados no Brasil nos últimos anos (CONAB, 2022).

Impulsionada pelos preços do milho, a produção brasileira de sorgo (safra 21/22) bateu recorde, com produção de 2,85 milhões de toneladas, crescimento de 36,9% em relação à safra anterior (CONAB, 2022). Esse aumento expressivo na produção de sorgo pode ser devido ao risco de atraso na semeadura de segunda safra e ao fechamento da janela para o plantio de milho, além

da maior rusticidade e menor exigência da cultura, o que faz com que muitos produtores optem por realizar o cultivo do sorgo no período de safrinha. Essa preferência ainda aumenta em áreas que apresenta chuvas finais erráticas ou mal distribuídas (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). Também, devido a essas características da planta, muitos produtores não utilizam adubação, em especial com fósforo, na produção de grãos de sorgo no plantio de safrinha, o que pode ser um fator limitante para a produtividade da cultura.

O fósforo é um macronutriente que tem a função de regular a síntese proteica da planta, assim como constituir ácidos nucleicos e a molécula de ATP, responsável por fornecer energia aos vegetais. Um dos principais problemas relacionados com a adubação fosfatada é a adsorção do fósforo no solo, especialmente em regiões tropicais. Solos intemperizados e ou com altas taxas de alumínio e ferro possuem maior fixação de fosfatos (VALLADARES; PEREIRA; ANJOS, 2003). Mais de 50 % do território brasileiro é composto por Latossolos e Argissolos, ou seja, solos intemperizados, profundos e na maioria dos casos com alto teor de óxidos de ferro e alumínio (SANTOS *et al.*, 2018). Dessa forma, a fertilização fosfatada em solos brasileiros pode ser um problema, especialmente quando não realizada.

Com a concentração de fósforo baixa na maioria dos solos de regiões tropicais (PAVINATO *et al.*, 2021), as plantas utilizam o que está disponível, fazendo com que seja necessária a aplicação de ainda mais fertilizantes na próxima safra. Contudo, é economicamente viável realizar o ajuste da aplicação de fósforo conforme a necessidade, uma vez que os preços de fertilizantes estão atrelados ao dólar, e uma valorização dessa moeda implica aumento de custos para o produtor. Dessa forma, a aplicação de fósforo no solo no cultivo do sorgo de safrinha tem potencial de aumentar a produtividade dessa cultura e de melhorar a disponibilidade desse nutriente no solo para o próximo cultivo, reduzindo a necessidade de aquisição futura desse nutriente.

Conhecer a necessidade de adubação de uma cultura é fundamental para alcançar bons rendimentos. Nesses termos, a recomendação de adubação mais utilizada em Minas Gerais (5ª aproximação) foi publicada há mais de vinte anos, sendo que, nesse intervalo, já foram desenvolvidas diversos híbridos e variedades de alta produtividade. Para a cultura do sorgo, por exemplo, foi lançado recentemente um híbrido de alta produtividade, o Nugrain 430, para a produção de grãos. Esse híbrido é utilizado em abertura de plantio, devido ao longo ciclo e alto potencial produtivo, além da baixa reprodução de *Pratylenchus brachyurus* (nematoide das lesões). Dessa forma, é possível que as recomendações de adubação mais utilizadas não atendam a necessidade desses novos materiais.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de fósforo sobre o crescimento e a produtividade de um novo genótipo de sorgo granífero, o Nugrain 430, cultivado em safrinha.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura do sorgo é de grande importância alimentar humana e animal em diversas regiões do globo, especialmente em países subdesenvolvidos, por ser mais rústico e necessitar de menos tecnologias durante o cultivo, em relação a diversos outros cereais (RASHWAN *et al.*, 2021). O sorgo é uma planta de origem Africana e de parte da Ásia, pertence à família Poaceae e foi introduzido no Brasil no início do século XX (DUARTE *et al.*, 2007; MAGALHÃES;

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

DURAES; SCHAFFERT, 2000), por ser identificado como substituto do milho em vários usos. A produção de sorgo teve um crescimento notável nos últimos anos. No Brasil, o sorgo é o quarto grão mais importante em termos produtivos, sendo os estados de Goiás e Minas Gerais os maiores produtores (CONAB, 2022).

Plantas de sorgo cultivadas em solos frequentemente adubados para o cultivo de outras culturas apresentaram aumento linear de produtividade de acordo com a fertilidade do meio (GONTIJO NETO *et al.*, 2002). Isso evidencia a capacidade das plantas de sorgo de absorverem e utilizarem os nutrientes. Contudo, justamente por ser uma planta muito rústica, não é raro encontrar produtores que não fazem investimentos no cultivo de inverno do sorgo, deixando que a planta retire o que conseguir do solo, sem adicionar outros fertilizantes. Apesar de essa ser uma prática comum, é necessário repor, no mínimo, o mesmo nível dos nutrientes exportados pelo cultivo anterior (YAHAYA *et al.*, 2022). Um dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento de qualquer espécie vegetal é o fósforo.

O fósforo, além de fundamental para a produção de energia na forma de ATP, tem participação no metabolismo do carbono. O fósforo ainda participa do metabolismo de nitrogênio, e o suprimento adequado de ambos apresenta efeito sinérgico, mostrando resultados produtivos melhores que a aplicação de cada nutriente separado (VILAR; VILAR, 2013). Por outro lado, em casos de deficiência de fósforo, as folhas ficam com coloração mais escura, ocorre enfezamento das plantas e um baixo florescimento delas, com consequente redução no número de frutos, sementes e atraso na maturidade (BANG *et al.*, 2021).

O fornecimento correto de P confere maior resistência da planta a doenças e dá suporte para o desenvolvimento por todo o ciclo. O manejo adequado de P nas áreas agrícolas é fundamental para reduzir a necessidade de adubações fosfatadas em solos brasileiros (WITHERS *et al.*, 2018). A adsorção de fósforo pode ser reduzida, na maioria dos solos, com a adição de calcário, elevando sua saturação por bases, tornando esse nutriente mais disponível para a planta. Solos intemperizados, como os brasileiros, apresentam maior quantidade de óxidos de ferro e alumínio, que, por terem cargas predominantemente positivas, tem maior capacidade de adsorver cargas negativas, como é o caso do fosfato (VALLADARES; PEREIRA; ANJOS, 2003).

A disponibilização do fertilizante fosfatado deve ocorrer no momento da semeadura, pois a energia de ligação dos grupos funcionais com o fósforo aumenta com o tempo, o que inviabiliza a correção desse nutriente antecipadamente. Além disso, como o fósforo tem baixíssima mobilidade no solo, a fertilização tardia, pós-semeadura, torna-se uma opção não desejosa, já que, provavelmente, não será absorvido pela planta, mas adsorvido pelo solo (MARTINAZZO *et al.*, 2007).

A adubação de base de fósforo, com valores 25, 50 e 75 kg ha^{-1}, usando superfosfato triplo, aumentou linearmente a produtividade do sorgo. Da mesma forma, aumentou a participação dos grãos na matéria seca dessa planta, o que favoreceu a melhoria na qualidade nutricional da silagem dessa cultura (SILVA *et al.*, 2009). Apesar dos ganhos produtivos com a adubação fosfatada, um empecilho a essa prática, observado especialmente nos últimos anos no Brasil, é o aumento dos custos dos fertilizantes e, mais recentemente, a falta desses insumos.

2 METODOLOGIA

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.ISSN: 2674-9270.
Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais (FAEXP - UEMG), no município de Ituiutaba, durante os meses de abril a agosto de 2021. A FAEXP está localizada nas seguintes coordenadas: latitude 18º57'03" S, longitude 49º31'1" W e altitude 530 m. Sediada na região do Triângulo e Alto Paranaíba do estado de Minas Gerais, Ituiutaba tem seu clima classificado como Aw, tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Koppen. A temperatura média anual situa-se em torno de 24,5 ºC (ALVES; SOUZA; QUEIROZ, 2012). O índice pluviométrico médio anual é de 1.415 mm (SILVA; FERREIRA, 2015).

O preparo da área foi feito por roçagem e posterior capina mecânica da vegetação. Após limpeza da área, foram feitas coletas de amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade e posterior envio dessa porção para laboratório, onde foram caracterizadas as propriedades físicas e químicas (Tabela 2). Antes do plantio, o solo foi arado e gradeado, e houve aplicação de corretivos, conforme necessidade identificada em análise de solo seguindo recomendações de Ribeiro; Guimarães e Alvarez V. (1999).

Tabela 1 - Caracterização física e química do solo utilizado no experimento

pH (H_2O)	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^+	$H^+ + Al^{3+}$	t	MO	Areia	Silte	Argila
	---- mg dm^{-3} ---		---------- $cmol_c$ dm^{-3} ----------					%	------- dag kg^{-1} -------		
5,9	27,71	183,0	3,80	2,55	0,20	4,50	7,02	2,74	70,00	6,40	23,60

pH em água; P e K^+ – Extrator Mehlich^{-1}; Ca^{2+}, Mg^{2+}e Al^{3+} – Extrator: KCl – 1 mol L^{-1}; $H^+ + Al^{3+}$ – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; MO – matéria orgânica

Fonte: Autoria própria

O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos foram constituídos por 5 doses de fósforo: 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5. A dose de 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 corresponde à recomendada para o cultivo de sorgo granífero no estado de Minas Gerais para alcançar produtividade média esperada de 6 a 8 t ha^{-1} (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999). Cada parcela foi construída com dimensões de 5 m de comprimento x 2 m de largura, totalizando 10 m², com área útil de 3,2 m², segundo recomendações para instalação de experimento com sorgo granífero no campo (LOPES *et al.*, 2005). A semeadura do sorgo granífero foi realizada com espaçamento de 0,5 m entrelinhas, totalizando 4 linhas por parcela.

O plantio das sementes de sorgo foi realizado manualmente, por blocos, em 10 de abril de 2021, com cerca de 14 sementes por metro linear, objetivando 10 plantas finais. A semeadora Jumil® foi utilizada na área somente para riscar o solo e facilitar a deposição de adubo e sementes. A adubação manual foi feita no momento do plantio nas linhas de semeadura com as diferentes doses de P, utilizando-se como fonte o MAP (fosfato monoamônico) purificado, depositado ao fundo do sulco com o auxílio de um vasilhame, que era tarado a cada novo uso.

A irrigação foi realizada por meio de aspersão por canhão, sendo aplicado logo após a semeadura uma lâmina de água de 40 mm. Posteriormente, aos 4 dias após plantio, foi aplicada mais uma lâmina de água, de 55 mm para garantir a emergência da cultura. Para a adubação de cobertura, aplicou-se 80 kg ha^{-1} de ureia aos 25 dias após a semeadura (DAS) do sorgo.



A semeadura foi realizada com densidade maior que a recomendada para garantir o estande. Nove dias após a semeadura, foi necessário o desbaste das plantas. Foram mantidas 10 plantas por metro linear. Posteriormente, aos 27 DAS, foi realizada uma capina manual com enxada para controle de plantas daninhas. O controle foi realizado de acordo com Cabral *et al.*, (2013), considerando o período anterior a interferência de 23 dias após emergência (DAE). Aos 78 DAS, foi realizado novo controle de plantas daninhas, com auxílio de uma roçadora manual, a fim de facilitar a colheita.

Para controle de formigas cortadeiras (*Atta sp*.), foi utilizado Fipronil em calda, preparado com aproximadamente 10 g do ingrediente ativo (i.a) diluídas em 2 L de água, aplicado diretamente nos formigueiros. Para o pulgão-da-cana (*Melanaphis sacchari*), foi aplicado o inseticida Kaiso 250 CS, do grupo químico piretróide, que tem Lambda-Cialotrina como i. a., na dose de 30 mL ha^{-1}. Para o controle de lagartas militares (*Spodoptera frugiperda*), o produto utilizado foi o Connect®, de grupos químicos neonicotinoide e piretroide, i. a. imidacloprido e beta-ciflutrina, respectivamente, na dose de 750 mL ha^{-1}. Tanto o Kaiso 250 CS quanto o Connect® foram aplicados com pulverizador costal de 20 L, com calda de 10 L

Aos 38, 52 e 87 DAS, foi mensurada a altura, diâmetro do colmo e estimada a área foliar de 10 plantas de sorgo, escolhidas aleatoriamente nas duas linhas centrais, dentro da área útil da parcela (10 plantas por linha). A altura (cm) foi determinada com o auxílio de uma trena, considerando na medição a distância da superfície do solo até a gema apical. O diâmetro do caule (mm) foi aferido com paquímetro digital MTX Electronic Caliper 316119 a uma altura de 5 cm do solo. O índice de área foliar foi obtido a partir de medições com a trena e a seguinte equação foi utilizada: AFT = [0,7811*(C*L)-14,964]*NF, seguindo recomendação da metodologia utilizada por Simões *et al.* (2014), em que C = comprimento, L = largura e NF = número de folhas vivas.

Aos 97 DAS, as panículas de sorgo foram cobertas com sacos de papel kraft para evitar o ataque de pássaros.

A massa fresca foi aferida em uma balança de precisão disponível no laboratório da fazenda, enquanto a massa seca, obtida através de secagem em estufa de circulação forçada a 65º por 72 h, e o peso de mil grãos foram mensuradas a partir de balança de precisão disponível no laboratório de sucroalcooleiro.

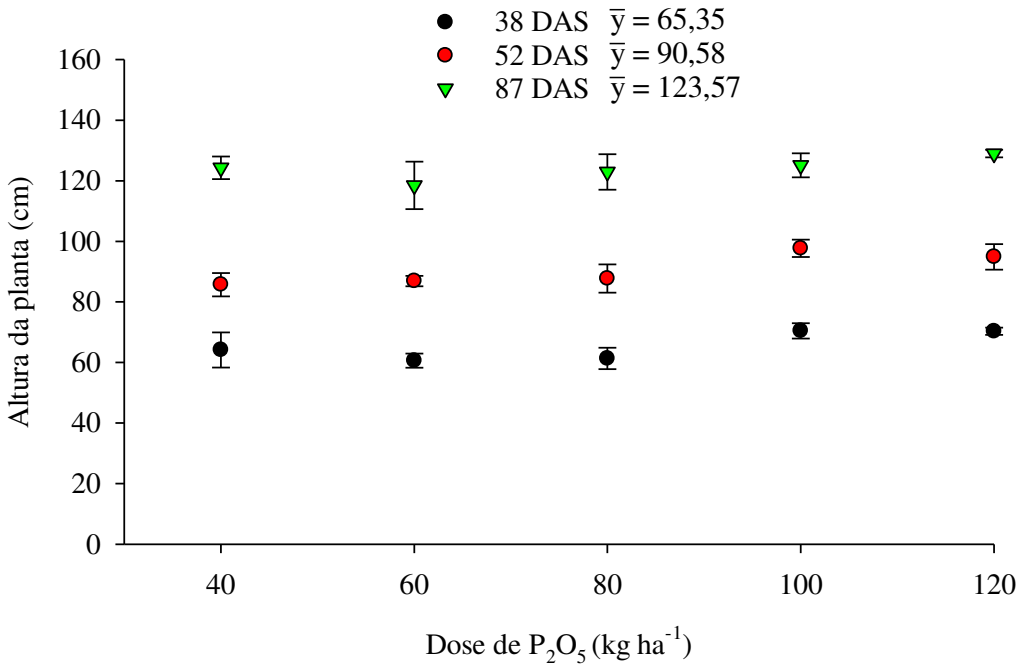
A produtividade do sorgo foi estimada a partir da massa das panículas, por meio do cálculo: massa média de uma panícula multiplicado pelo estande final ideal da cultura (200.000 plantas ha^{-1}). A colheita das plantas de sorgo granífero foi realizada aos 117 DAS, quando as sementes da panícula se encontraram com cerca de 13 % de umidade. Todas as plantas da parcela útil foram separadas em folhas, colmo e panículas. As panículas foram imediatamente pesadas em balança de precisão para estimar a produtividade da cultura. Em seguida, todos os tecidos vegetais foram colocados em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, onde permaneceram por 72 horas, até que atingiram massa constante. Logo após, os tecidos vegetais foram pesados em balança digital, para a determinação da matéria seca.

Os dados obtidos para altura, diâmetro, área foliar, massa fresca e seca de parte aérea e panículas, e produtividade do sorgo foram submetidos à análise de variância, seguido por análise de regressão e o modelo escolhido, levando-se em consideração a significância estatística (Teste F), o significado biológico do modelo e o ajuste do coeficiente de determinação (R^2). O software utilizado para a análise estatística foi o SISVAR (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de MAP não influenciaram o crescimento em altura de sorgo aos 38, 52 e 87 DAS (Figura 1). A falta de resposta dessa característica pode ter sido devido a fatores intrínsecos a variedade ou à relação de fatores climáticos/ambientais, como temperatura e/ou deficiência de outros nutrientes (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). Além disso, destaca-se que o solo apresentava teor de P considerado bom (Tabela 2) (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999), o que pode ter sido suficiente para atender a demanda da variedade de sorgo Nugrain 430.

Figura 1 - Média ± erro padrão da altura de plantas de sorgo granífero aos 38, 52 e 87 dias após a semeadura (DAS), cultivadas em solo adubado com doses de fósforo.

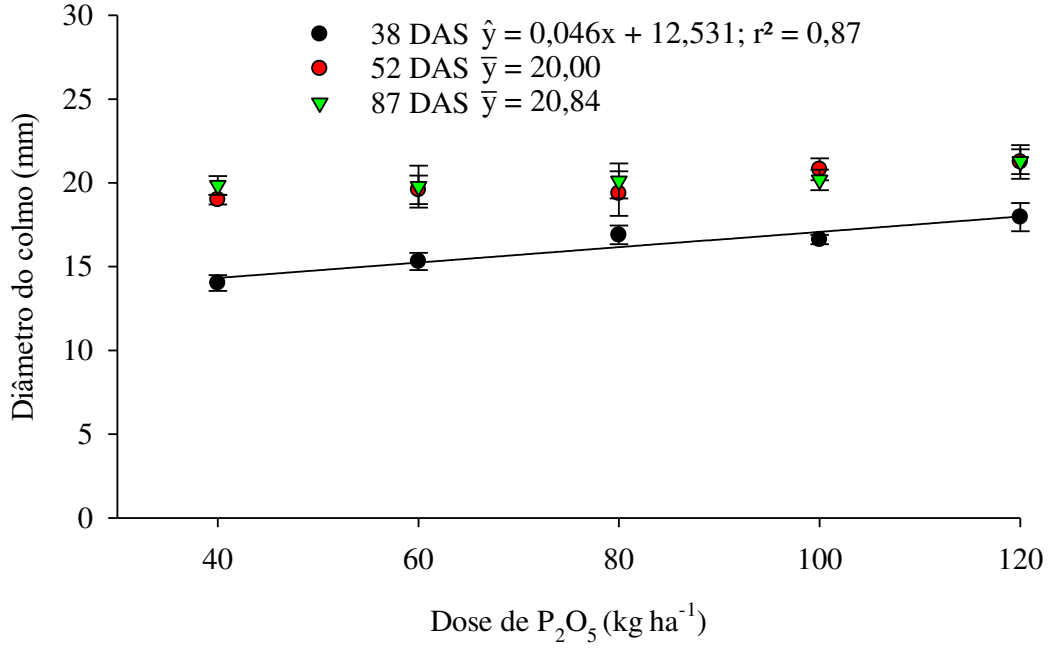


Fonte: Autoria própria

O diâmetro do colmo apresentou diferença significativa apenas aos 38 DAS, em que foi observado aumento linear dessa variável com o aumento da dose de P utilizada (Figura 2). A equação linear de regressão foi definida por y = 0,046x + 12,531. Esse resultado se encontra em concordância com os resultados obtidos por Ferreira *et al.* (2019), que observaram aumento de diâmetro do caule em plantas de sorgo cultivadas com diferentes doses de bioestimulante e adubação nitrogenada.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 2 - Média ± erro padrão do diâmetro de colmo de plantas de sorgo granífero aos 38, 52 e 87 dias após a semeadura (DAS), cultivadas em solo adubado com doses de fósforo.



Fonte: Autoria própria

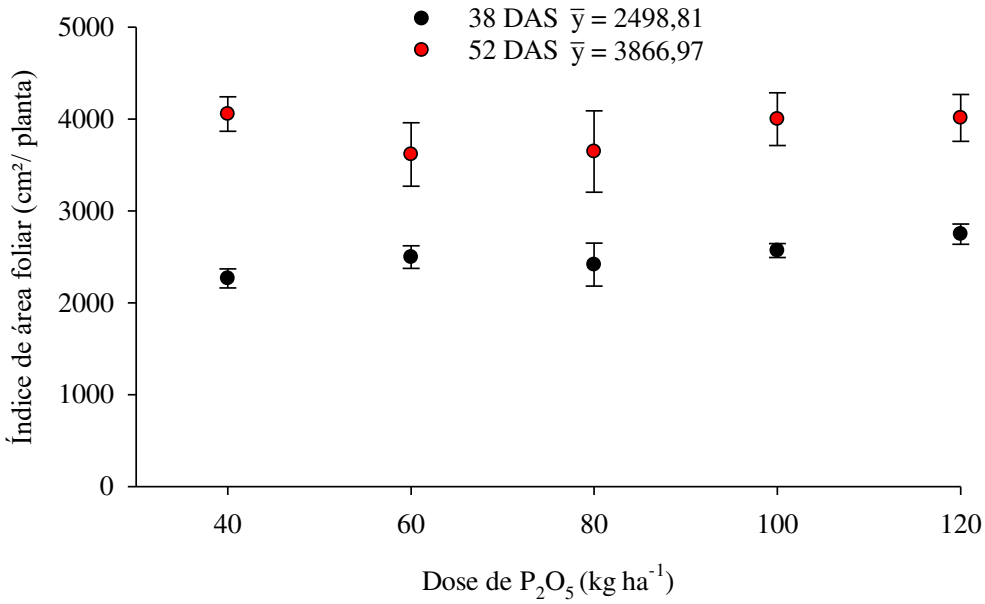
O IAF foi mensurado em apenas duas oportunidades, aos 38 e aos 52 DAS (Figura 3). Não foram feitas análises posteriores nessa característica devido à ocorrência de geadas na área, o que matou as folhas e diminuiu o IAF. A primeira geada que atingiu a área, no dia primeiro de julho, ocorreu aos 82 DAS, 26 dias após emissão de panícula. A segunda e a terceira ocorreram aos 89 e 101 DAS, respectivamente. Com a redução do IAF, supõe-se que o enchimento de grãos ficou comprometido.

Os tratamentos não diferiram significativamente entre si para essa variável em ambas as avaliações (Figura 3). Apesar disso, especialmente na medição aos 52 DAS, houve grande variação nos resultados encontrados dentro de um mesmo tratamento, com ênfase nos valores dos dados de 60 e 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 3). Esse fato pode sugerir que há grande diferença de vigor dentro da variedade de sorgo utilizada. Ademais, aos 52 DAS, foi quando apresentou o maior número de folhas biologicamente ativas, que tinham função de produzir açúcares, antes da morte delas, já que a folha bandeira estava sendo emitida. Ao final do experimento, as folhas restantes se mostraram com tamanhos muito parecidos.

O índice de área foliar (IAF) é uma boa forma de se estimar a produtividade de um cultivo. Conforme aumenta-se o valor de IAF, tende-se também a aumentar os valores de produtividade (SILVA *et al.*, 2015; WERADUWAGE *et al.*, 2015). Isso se deve ao fato de que é a partir das folhas que a planta produz fotoassimilados, o que permite seu crescimento e desenvolvimento, bem como permite a produção final, seja em grãos, caules, folhas ou raízes, dependendo da cultura e do objetivo. Por isso, é muito importante que as folhas sejam mantidas nas plantas e protegidas do ataque de insetos e fungos.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.ISSN: 2674-9270.
Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 3 - Média ± erro padrão do índice de área foliar (individual) de plantas de sorgo granífero cultivadas em solo adubado com diferentes doses de fósforo, aos 38 e 52 dias após a semeadura (DAS).

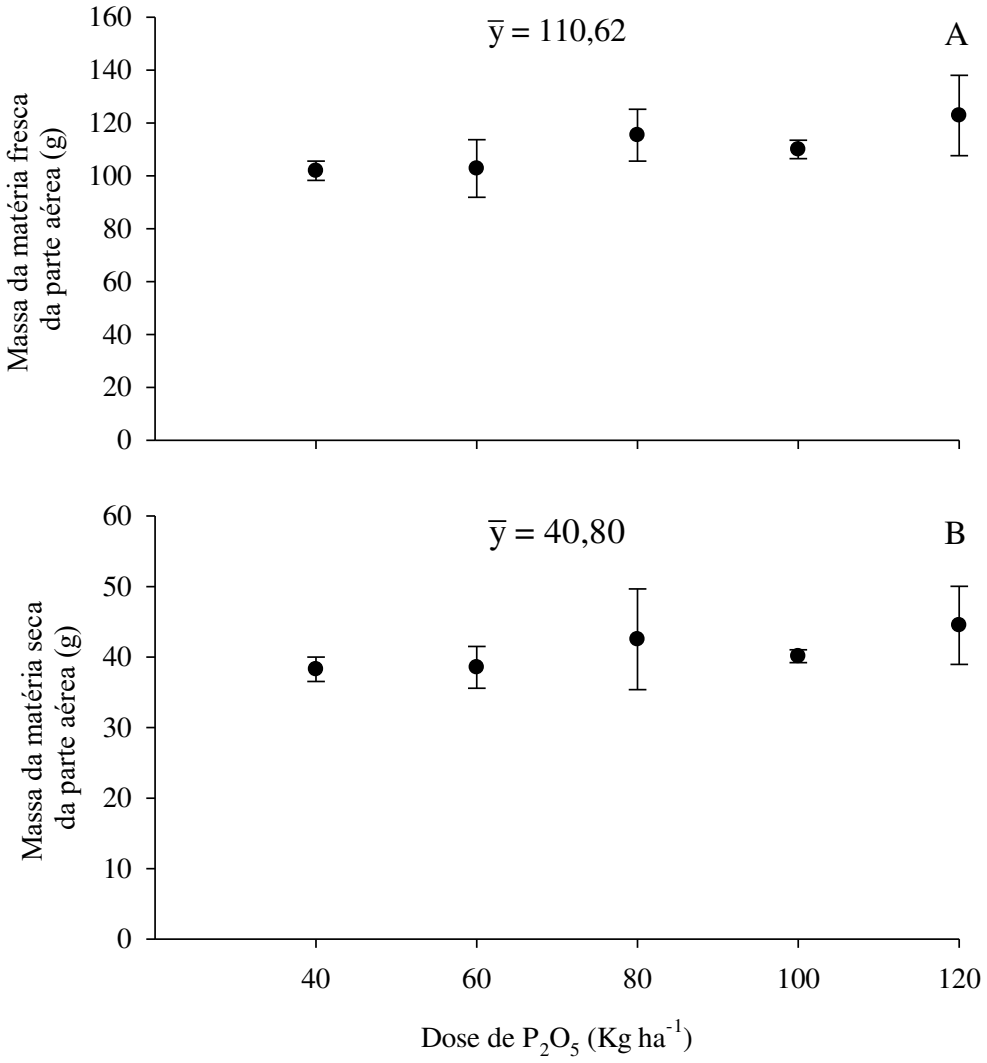


Fonte: Autoria própria

A massa fresca da parte aérea não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4A). Resultados semelhantes foram obtidos por Cavalcante *et al.*, (2013), que não observaram influência de aumentos de doses de superfosfato triplo no acúmulo de massa fresca de colmos de três variedades de sorgo forrageiro. Isso mostra que algumas variedades de sorgo podem ser pouco responsivas a adubação fosfatada.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 4 - Média ± erro padrão da massa da matéria fresca da parte aérea (A) e massa da matéria seca da parte aérea (B) de plantas de sorgo granífero cultivadas em solo adubado com doses de fósforo, no momento da colheita.

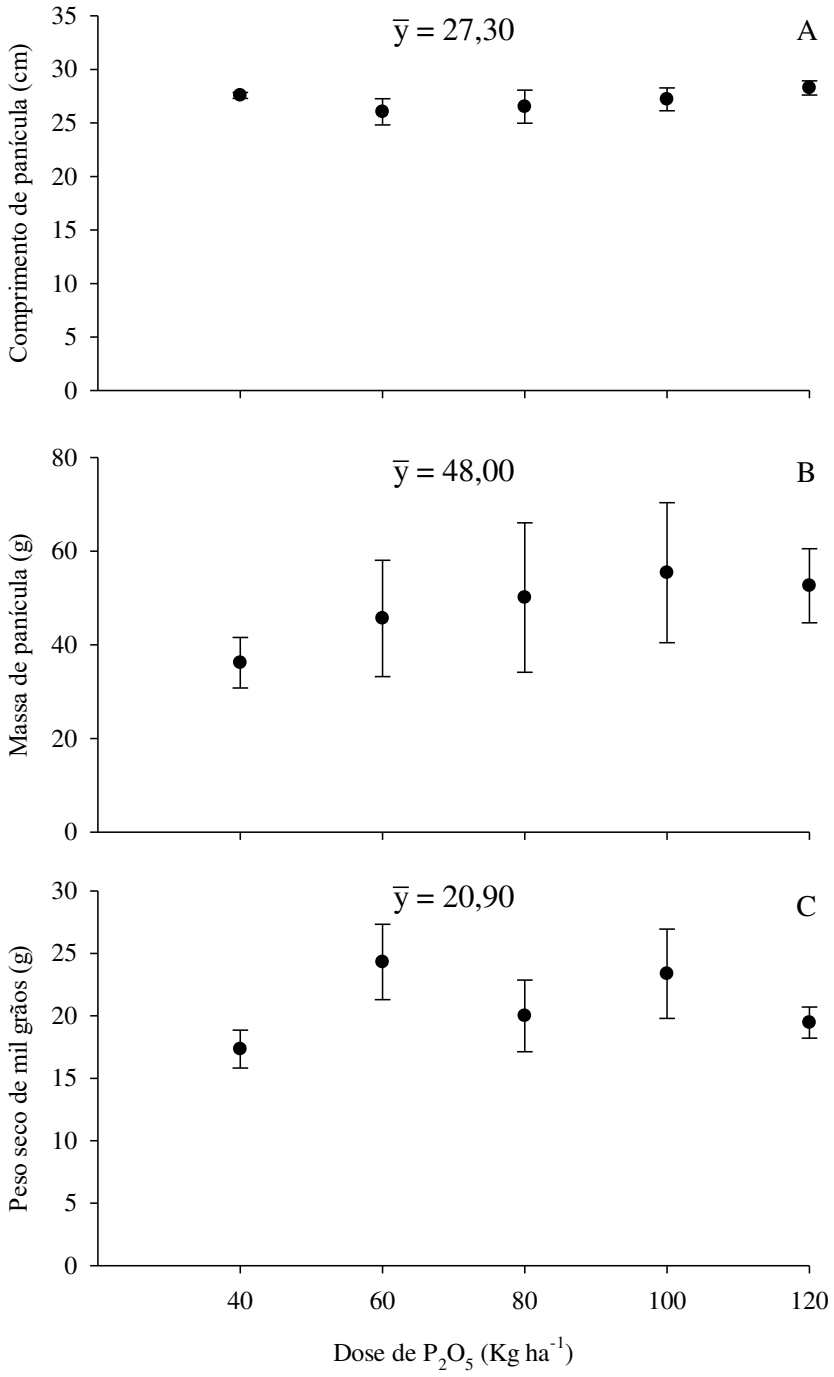


Fonte: Autoria própria

As doses de P não influenciaram o peso da massa seca da parte aérea do sorgo (Figura 4B). Bressan *et al.* (2001), ao estudarem inoculação de soja e sorgo, juntamente com aumento nas doses de fósforo, encontraram respostas positivas para a matéria seca das plantas com o aumento das doses de P até 200 mg kg^{-1} para plantas de sorgo que não foram inoculadas e até 150 mg kg^{-1} para plantas que foram. Esses resultados diferem dos encontrados neste trabalho, uma vez que maiores doses de fósforo não influenciaram ganho de massa seca. Essa diferença de resposta entre os estudos pode ser explicada, provavelmente, por se tratar de variedades e solos com características distintas, o que altera a exigência da planta e o comportamento do P no solo.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.ISSN: 2674-9270.
Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 5 - Média ± erro padrão do comprimento de panícula (A), massa de panículas (B) e peso de mil grãos (C) de plantas de sorgo granífero cultivadas em solo adubado com doses de fósforo, no momento da colheita.



Fonte: Autoria própria

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital



O comprimento e a massa da panícula não foram influenciados pelas doses de MAP no solo (Figuras 5A e 5B). Os valores de comprimento de panícula e massa de panícula não são, necessariamente, correspondentes. Para a dose de 40 kg ha^{-1} de P_2O_5, por exemplo, o comprimento médio das panículas foi o segundo maior, enquanto a massa média das panículas foi o menor valor encontrado (Figuras 5A e 5B). Resultados semelhantes foram encontrados por Dan *et al.* (2010) para a variedade DKB 599, ao estudarem a influência da luminosidade no desenvolvimento e na produtividade de variedades de sorgo, trabalho no qual foi verificada a tendência de o comprimento e a massa da panícula serem inversamente proporcionais.

Houve grande variação nas massas das panículas, em especial das 3 doses intermediárias: 60, 80 e 100 kg ha^{-1}. Isso pode ter decorrido de manchas de fertilidade no solo, uma vez que as panículas de cada repetição se encontravam com valores semelhantes entre si (Figura 5B). Os comprimentos (tamanhos) de panículas, por outro lado, tiveram variações muito menores, permanecendo entre 24 e 30 cm total, com médias entre 26 e 28 cm (Figura 5A), valores semelhantes aos encontrados por Braz *et al.* (2019).

O peso de mil grãos (PMG) é uma das características mais importantes para se determinar a produtividade de uma cultura. Isso acontece porque, quanto maior o peso das sementes, menos sementes serão necessárias para completar um saco de 60 kg. Aliado ao número de grãos por panícula e o número de panículas por hectare, esse componente perfaz a tríade da produção por área. Nessa pesquisa, não foi observado influência da dose de P no peso de mil grãos de sorgo (Figura 5C).

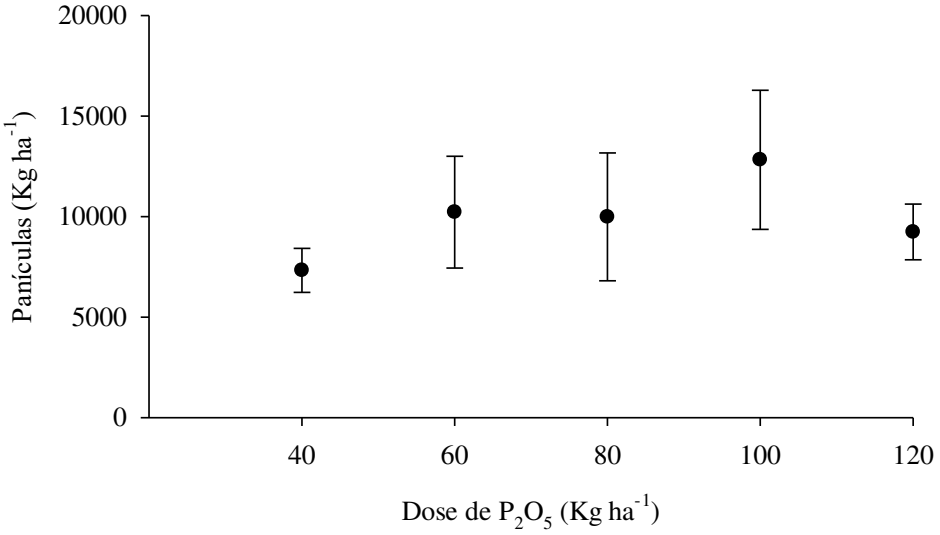
No presente trabalho, o peso dos grãos não respondeu positivamente como se esperava, nem correspondeu exatamente de acordo com o peso das panículas. Isso implica que as panículas mais pesadas foram as que tinham maior número de grãos, não PMG mais alto. Contudo, o peso das panículas pode ser influenciado pela presença de tecidos que não abrigam grãos, o que deve ser levado em consideração para se estimar a produtividade a partir desse aspecto.

Doses extremas de fósforo, nesse caso, 40 e 120 kg ha^{-1}, foram responsáveis por médias mais baixas no PMG, enquanto as doses medianas foram responsáveis por valores médios mais elevados.

A produtividade de panículas de sorgo não foi influenciada pelas doses de P aplicadas no solo (Figura 6). Os valores médios de produção ficaram de acordo com o encontrado por Albuquerque *et al.* (2011), com valores entre 9 e 10,5 toneladas ha^{-1}, à exceção da adubação com 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, este último apresentando valores ligeiramente acima.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.ISSN: 2674-9270.
Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 6 - Média ± erro padrão da produtividade estimada de panículas de plantas de sorgo granífero cultivadas em solo adubado com diferentes doses fósforo, no momento da colheita.



Fonte: Autoria própria

CONCLUSÃO

A aplicação de doses crescentes de fósforo no solo não influencia o crescimento e a produtividade do genótipo de sorgo granífero, Nugrain 430, cultivado em safrinha.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. Von; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 278–285, 2011.

ALVES, V. A. da S.; SOUZA, J. S.; QUEIROZ, A. T. de. O clima e a produtividade agrícola na microrregião homogenêa de Ituiutaba-MG. **Revista Geonorte**, Manaus ,v. 2, n. 5, p. 1109–1119, 2012.

BANG, T. C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K. H.; PERSSON, D. P.; SCHJOERRING, J. K. The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, n. 5, p. 2446–2469, 27 mar. 2021.

BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; CARMO, E. L. do; ROCHA, A. G. C.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B. Desempenho agronômico e supressão de plantas daninhas no sorgo em semeadura adensada. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 2, 2019.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasíia, v. 36, n. 2, p. 315–323, 2001.

CABRAL, P. H. R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T. de; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308–314, 2013.

CAVALCANTE, F. de S.; SILVA, I. de F.; TABOSA, J. N.; SILVA, S. M. S. Níveis de fósforo via adubação em três variedades de sorgo forrageiro: Características agronômicas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 18, n. 1, p. 21–26, 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2022. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 20 set. de 2022.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. de P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, 2010.

DILLE, J. A.; STAHLMAN, P. W.; THOMPSON, C. R.; BEAN, B. W.; SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H. Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. **Weed Technology**, v. 34, n. 4, p. 624–629, 2020.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. .; MATTOSO, M. J. **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36–41, 2008.

FERREIRA, L. L.; SOUZA, B. R. de; PEREIRA, A. I. A.; CURVÊLO, C. R. D. S.; FERNANDES, C. D. S.; DIAS, N. D. S.; NASCIMENTO, E. K. Á. Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 330, 2019.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivados sob Níveis Crescentes de Adubação: Rendimento, Proteína Bruta e Digestibilidade in Vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1640–1647, jul. 2002.

LOPES, S. J.; STORCK, L.; DAL'COL LÚCIO, A.; LORENTZ, L. H.; LOVATO, C.; DIAS, V. de O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 525–530, 2005.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo.** Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo, 2000. Disponível em:

MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 13–18, 2002.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R. dos; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 563–570, 2007.

MENEZES, C. B.; CARVALHO JÚNIOR, G. A. de; SILVA, L. A.; BERNARDINO, K. C.; SOUZA, V. F.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Combining ability of grain sorghum lines selected for Aluminum tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 42–48, 2014.

PAVINATO, P. S.; ROCHA, G. C.; CHERUBIN, M. R.; HARRIS, I.; JONES, D. L.; WITHERS, P. J. A. Map of total phosphorus content in native soils of Brazil. **Scientia**

Agricola, Piracicaba, v. 78, n. 6, 2021.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 327 p.

RASHWAN, A. K.; YONES, H. A.; KARIM, N.; TAHA, E. M.; CHEN, W. Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: An update and comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 168–182, 2021.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE., P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. de O. Rainfall and water balance of Paranaíba river basin. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 5, p. 1335–1346, 2015.

SILVA, M. R.; MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; BRUM, M. D. S. Estimativas da necessidade de nitrogênio para produção de grãos e silagem de milho. **Revista Caatinga**, Mossoró v. 28, n. 3, p. 12–24, 2015.

SILVA, S. J. C.; COSTA, S. de O.; SILVA, S. C. C.; GOMES, C. M.; GOMES, R. P. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo granífero. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 91–97, 2009.

SIMÕES, W. L.; GUIMARÃES, M. J. M.; WILLADINO, L.; SANTOS, J. E. dos; LIMA, J. A.; LOPES, I. Crescimento de variedades de sorgo forrageiro submetido a frações de lixiviações com efluente salino da piscicultura. (ABID) In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2014, Brasília, DF. [...]. Brasília, DF: Embrapa Semiárido (CPATSA), 2014. p. 24.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 111–118, 2003.

VILAR, C. C.; VILAR, F. C. M. Phosphorus Behavior in Soil and Plant. **Rev. Ciências Exatas e da Terra e Cências Agrárias**, Ponta Grossa, v. 8, n. 2, p. 37–44, 2013.

WERADUWAGE, S. M.; CHEN, J.; ANOZIE, F. C.; MORALES, A.; WEISE, S. E.; SHARKEY, T. D. The relationship between leaf area growth and biomass accumulation in Arabidopsis thaliana. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, 2015.

WITHERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; DE CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R. G.; BENITES, V. D. M.; GATIBONI, L. C.; DE SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. D. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA, A. De; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 2537, 2018.

YAHAYA, S. M.; MAHMUD, A. A.; ABDULLAHI, M.; HARUNA, A. Recent advances in the chemistry of N, P, K as fertilizer in soil – A review. **Pedosphere**, 2022.



AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Universidade do Estado de Minas Gerais unidade Ituiutaba pelo fornecimento de apoio técnico, equipamentos e instalações para a realização dessa pesquisa.

Recebido em: *07 de outubro 2022*

Aceito em: *27 de novembro 2022*