

Avaliação de produtividade do milho safrinha sob diferentes fontes e doses de nitrogênio

Cleidiomar Alves de Jesus¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho¹, Christiano Lima Lobo de Andrade¹ & Edson Cabral da Silva²

¹ Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

² Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil

Correspondência: Cleidiomar Alves de Jesus, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil. e-mail: cleidiomar.alves@outlook.com

Recebido: Novembro 30, 2022

Aceito: Dezembro 19, 2022

Publicado: Janeiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i1.227

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i1.227>

Resumo

O nitrogênio é um nutriente com grande importância, e de exigência pela cultura do milho (*Zea mays* L.), e seu suprimento inadequado é um dos principais fatores para a redução de produtividade sobre essa cultura. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho, quantificar o número de grãos por planta, massa de mil grãos, massa de grãos por planta, produtividade e produção de sacas por hectare da cultura do milho utilizando a ureia revestida distribuída a lanço. O ensaio foi conduzido na área experimental do IF Goiano, município de Rio Verde – GO., Brasil. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (N₂) (0, 30, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N₂ (Ureia convencional e Ureia protegida). O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado a lanço, promoveu aumento na produtividade de grãos por hectare, enquanto a utilização da fonte “Ureia revestida” na cultura do milho, não apresentou resultados significativos para a cultura.

Palavras-chave: *Zea mays*, adubação nitrogenada, produtividade, ureia, revestida.

Yield evaluation safrinha corn under different nitrogen sources and doses

Abstract

Nitrogen is a nutrient of great importance and required by the corn crop (*Zea mays* L.), and its inadequate supply is one of the main factors for the reduction of productivity on this crop. Thus, the objective of this work was to quantify the number of grains per plant, mass of one thousand grains, mass of grains per plant, productivity and production of sacks per hectare of maize using coated urea distributed by broadcast. The test was carried out, in the experimental area of the IF Goiano, in the municipality of Rio Verde - GO, Brazil. The experimental design was randomized blocks with 4 replications, totaling 40 experimental plots. The treatments consisted of five doses of nitrogen (N₂) (0, 30, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) and two sources of N₂ (conventional urea and protected urea). Increase in the amount of nitrogen applied by broadcast promoted an increase in the productivity of grains per hectare, while the use of the “Coated Urea” source in the corn crop did not present significant results for the crop.

Palavras-chave: *Zea mays*, nitrogen fertilization, productivity, urea, coated.

1. Introdução

O milho é o segundo cereal mais produzido e consumido no Brasil e no mundo, perdendo apenas para a soja (*Glycine max*) (Pereira et al., 2018; Ventura; Daçchiavon, 2018). A cultura desse grão é um componente importante e estratégico para o mundo e inclusive para o Brasil, por ser considerado o seleiro do mundo, os grãos de milho estão envolvidos em diversos processos especialmente alimentício (Pereira et al., 2018; Lopes et al., 2019). Dentre os Estados federativos do Brasil, o Estado de Goiás se consolida entre os maiores produtores de milho com uma produção de 8.4 milhões de toneladas na safra 2020/21, perdendo apenas para os líderes, Mato Grosso e Paraná, e há uma previsão que seja superado pelo Estado do Mato Grosso do Sul na safra 2020/21

(Pereira et al., 2018; Coelho, 2021). O município de Rio Verde – GO se destaca entre os maiores municípios produtores de Goiás, onde obteve a maior produção do estado com média de produção de 2,19 milhões de toneladas (Faeg, 2020).

Para o ciclo 2021/22 a estimativa de produção para a cultura do milho no Brasil é de 115,6 milhões de toneladas em climas favoráveis (Conab, 2022), volume que representa um crescimento de 32,8% em relação a temporada 2020/21, sendo a segunda safra responsável por 45,6% do aumento da produção. Confirmando o resultado, esta será a maior produção de milho 2ª safra registrada em toda a série histórica, ressaltando que até a presente data, 19% da cultura ainda se encontra sobre influência do clima (Conab, 2022).

Apesar do Brasil estar entre os três maiores produtores de milho, o país não se destaca em produtividade, no entanto, dados históricos mostram que a produtividade do milho brasileiro vem se alavancando sistematicamente, saltando de 1870 kg ha⁻¹ em 1990 para 3785 kg ha⁻¹ em 2007 e para 4300 kg ha⁻¹ na safra de 2010/11 (Silva et al., 2020). É notório esse crescimento também evidenciado na safra 2021/22 saltando de 4550 kg ha⁻¹ em 2021 para 5267 kg ha⁻¹ em 2022 (Ibge, 2022), representando um salto de 15,8%.

Com o aumento da demanda global de milho em diversos seguimentos e mercados, a necessidade de se ter maiores produtividades torna cada vez mais importante. Para isso, precisamos de tecnologias voltadas para a produtividade desse grão, condições para que a planta cresça e reflita em alta produtividade. Sendo assim, uma destas condições são os suprimentos minerais na proporção correta para que não haja desperdícios por meio de lixiviação, volatilização e erosões, além de causar efeito contrário levando a queda de produtividade (Coelho, 2021; Sarturi et al., 2022). O nitrogênio (N₂) em sua maioria, é o nutriente que proporciona em maior produtividade a cultura estando envolvido em diversos fatores biossintéticos na planta de milho (Meira, 2006; Neto et al., 2021; Mattei et al., 2021).

O milho é uma cultura bastante exigente em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. O suprimento inadequado em N₂ é um dos principais fatores para a redução na produtividade para o milho, pois o N₂ exerce funções importantes nos processos bioquímicos das plantas (Taiz; Zeiger, 2009), por ser constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e clorofila (Santos et al., 2010). O solo não possui o suprimento em N₂ adequado para atender toda a demanda da cultura, para isso, é preciso aplicar altas doses do N₂ para que tenha altos rendimentos, exceto quando há plantio em rotação e/ou sucessão com soja, quando ocorre a dedução na quantidade aplicada (Teixeira Filho et al., 2014; Galindo et al., 2016; Mattei et al., 2021).

Os resultados mais eficientes em produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea da planta, são obtidos quando se usa maiores doses de N₂, independentemente do tipo de híbrido avaliado, seja por híbrido simples, duplo ou triplo, foi o que observou Carvalho et al. (2011) e Silva et al. (2020).

Devido à alta perda de N₂ por fontes tradicionais na volatilização, esse, leva ao menor aproveitamento pela planta de milho e consequentemente a menor produtividade (Chagas et al., 2017). Busca-se tecnologias que possa proteger a ureia, controlando a taxa de liberação de N₂ (Santos et al., 2016). Tecnologias como fertilizantes estabilizados, de liberação lenta, de liberação controlada, dentre outros meios (Miyazawa et al., 2015). Também se utiliza pré-tratamento com inibidores de uréase para reduzir a taxa de volatilização. Produtos contendo inibidores atuam no sítio ativo da uréase hidrolisando a molécula, com isso, a taxa de NH₄ é reduzida permitindo que o N₂ penetre facilmente no solo com as chuvas (Okumura; Mariano, 2012).

Há também a alternativa de revestimento da ureia com polímeros (ureia de liberação lenta), se trata de um N₂ tradicional com uma barreira física contra a exposição do nutriente. A ureia protegida reduz a perda de N₂ por volatilização, aumentando assim, o aproveitamento do N₂ na planta do milho (Caetano et al., 2015; Perez, 2017).

O aumento na eficiência do uso da ureia revestida também foram constatadas por outros pesquisadores como Silva e colaboradores (2015) e Charlo et al. (2020). O ganho na eficiência é explicado pela redução na volatilização (Kaneko et al., 2012) e na nitrificação (Miyazawa; Tiski, 2011). Atualmente, há diversos tipos de fertilizantes nitrogenados disponíveis para o produtor, onde variam suas composições, formas e solubilidade. No entanto, pouco se sabe sobre a eficiência na produtividade com a utilização de ureia revestidas com polímeros na cultura do milho. Portanto, tem-se a necessidade de se produzir mais estudos, principalmente em regiões com alto potencial produtivo em alimentos, como em regiões do Cerrado brasileiro (Girardi et al., 2003).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar a produtividade na cultura do milho utilizando a ureia revestida com polímeros distribuída a lanchão no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, na região sudoeste.

2. Material e Métodos

2.1 Local experimental e condições climáticas

O ensaio foi conduzido na área experimental do IF Goiano, na cidade de Rio Verde – GO, localizada na região sudoeste do estado, nas coordenadas geográficas 17°48'29.3"S e 50° 53' 57.9"W; com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme a classificação de Köppen para o zoneamento climático também utilizada por Alvares et al. (2013), como A_w (tropical), com chuva nos meses de Outubro a Maio e, com seca nos meses de Junho a Setembro.

No período de desenvolvimento da cultura do milho, a precipitação ocorrida foi de 614,8 mm em todo o ciclo, resultado considerado ideal para a cultura que tem uma necessidade média entre 400 e 700 mm, conforme apresentado por Albuquerque (2007) no relatório da Embrapa milho e sorgo.

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

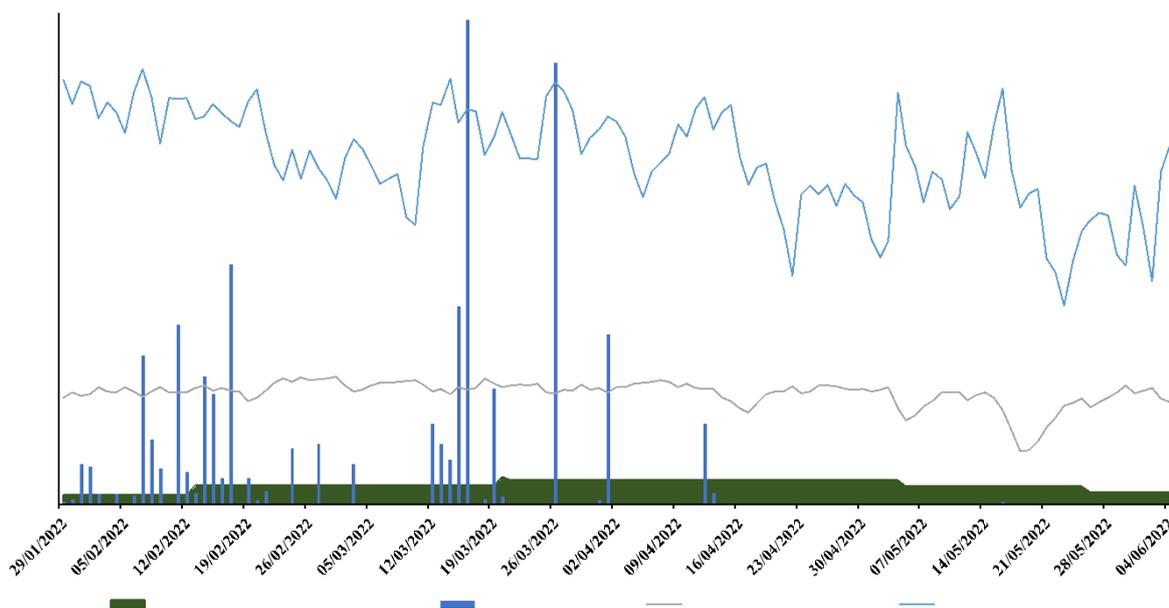


Figura 1. Dados meteorológicos e de evapotranspiração da cultura no período decorrente do experimento (Milho segunda safra 2022), município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Fonte: Autores, 2022.

2.2 Semeadura e análise físico-química do solo experimental

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

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

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, coletado na área experimental, município de Rio Verde, Goiás, Brasil.

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

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

Nota: P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol.L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente. T = Capacidade de troca catiônica; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; M.O. = Matéria orgânica. Fonte: Autores, 2022.

2.3 Tipo de delineamento experimental e aplicações de ureia convencional e revestida

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 + 1, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (N) (0, 30, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N (Ureia convencional e Ureia Protegida). As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 6 metros de comprimento (13,5 m²), totalizando uma área ocupada pelo experimento de 540 m² (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos a partir do delineamento experimental, município de Rio Verde, Goiás, Brasil.

Tratamento	Dose (kg ha ⁻¹ de N)	Dose (kg ha ⁻¹ da fonte)	Fonte
T1	0	0	Ureia (U)
T2	30	67	Ureia (U)
T3	60	133	Ureia (U)
T4	120	267	Ureia (U)
T5	180	400	Ureia (U)
T6	0	0	Ureia Protegida (UP)
T7	30	70	Ureia Protegida (UP)
T8	60	140	Ureia Protegida (UP)
T9	120	279	Ureia Protegida (UP)
T10	180	419	Ureia Protegida (UP)
T11	120	279	Ureia Protegida (UP)

Nota: Ureia: granulada, 45% de nitrogênio. Ureia Protegida; Ureia revestida com polímeros, 43% de nitrogênio. Fonte: Autores, 2022.

2.4 Tratos culturais

Após o plantio, foi efetuada a adubação de base com 233 kg ha⁻¹ de 04:14:08 = 9,3 kg N ha⁻¹ + 32,6 kg P₂O₅ ha⁻¹ + 18,6 kg K₂O ha⁻¹. Além disto, foi efetuado a lanço, logo após o plantio, a aplicação de 110 kg ha⁻¹ de MAP revestido com polímeros (53,9 kg P₂O₅ ha⁻¹). Aos 14 dias após a semeadura, foi aplicado 70 kg ha⁻¹ a lanço de

cloreto de potássio. os tratamentos foram aplicados a lanço, aos 21 dias após a semeadura (19/02/2022), quando as plantas estavam no estágio fenológico de V4.

A aplicação das ureias ocorreu numa situação de solo em capacidade de campo, sendo que, 4 dias seguintes a aplicação, ainda ocorreu um acumulado de 10 mm de precipitação. Contudo, ainda era possível observar grânulos da Ureia revestida com polímeros.

2.5 Análises

Foi colhido por parcela a área útil de 3,6 m², sendo que foram determinados através da medição de duas espigas: Número de espigas por planta (NEP); Comprimento de espiga (CE – cm); Diâmetro de espiga (DE – mm); Número de fileiras de grãos (NFG); Número de grãos por fileira (NGF); Número de grãos por planta (NGPlanta); Massa de mil grãos (MMG - gramas) e a Massa de grãos por planta (MGPlanta – gramas por planta). A produtividade de grãos (PROD – kg ha⁻¹) e a quantidade de sacas por hectare (SCHA – sacas de 60 kg por hectare) foram estimados conforme a trilhagem dos grãos da área útil de cada parcela, sendo que, a massa de grãos foi corrigida para a umidade de 14%.

2.6 Análise estatística

Os dados das variáveis foram submetidos à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis doses (D). Para o fator fontes (F), as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

Nossos achados demonstraram que apenas a dose em NEP apresentou efeito positivo. Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis CE, DE, NFG e NGF (Tabela 3). Máximo et al. (2019) não encontraram efeitos positivos sobre altura média de plantas e diâmetro da espiga com palha, embora tenham observado efeito positivo para espigas por planta, comprimento da espiga com palha, massa verde de espigas por hectare, massa verde de plantas por hectare e massa total por hectare em dois genótipos de milho AG 1051 e FTH 960 no Estado do Ceará, município de Cariri.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis número de espigas por planta (NEP), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NFG) e número de grãos por fileira (NGF) da cultura do milho, Rio Verde - GO, segunda safra 2022.

FV	GL	Quadrado médio				
		NEP	CE	DE	NFG	NGF
Dose	4	0,009400**	0,44 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Fonte	1	0,000090 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,60 ^{ns}	5,72 ^{ns}
Dose*Fonte	4	0,003290 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,24 ^{ns}	7,31 ^{ns}
Bloco	3	0,005337 ^{ns}	6,60*	15,63**	0,27 ^{ns}	7,24 ^{ns}
Erro	27	0,002485	1,81	3,80	0,76	7,48
CV (%)		4,72	7,96	3,79	5,44	7,39

Nota: **, * = Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} = Não significativo. FV = Fonte de variação. GL = Grau de liberdade. CV = Coeficiente de variação. NEP = Número de espigas por planta; CE = Comprimento de espiga; DE = Diâmetro de espiga; NFG = Número de fileiras de grãos; NGF = Número de grãos por fileira. Fonte: Autores, 2022.

Números de espigas por plantas apresentou resultado significativo para doses de N₂ aplicada, para demais análises e tratamentos acompanhados durante o experimento, os resultados não apresentaram interação entre si, tais como, os tratamentos Fontes e Dose*Fontes, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por grãos e número de grãos por fileiras (Figura 1). A interação de espigas por plantas observada nesta avaliação

colabora com Mota et al. (2015) onde avaliaram quatro doses de N₂ (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) no cultivo de milho nas safras 2011/12 e 2012/13, onde não foi observado diferença estatística para a safra 2011/12, porém na safra 2012/13 perceberam aumento linear do número de espigas por planta em função da aplicação dos níveis de N₂ em cobertura. Máximo et al (2019) avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura em dois cultivares de milho e também constatou interações com elevação da adubação com nitrogênio, ressaltando que a quantidade de espigas por planta aumentou com o acréscimo de adubação nitrogenada diferente entre as cultivares, mas que as duas houve acréscimo em número de espigas por plantas.

Resultado contrário foi observado por Gott et al (2014) que avaliaram as fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha e notaram que a o número de espigas por plantas não foram afetados pelas fontes de nitrogênio ou pela interação entre as fontes de nitrogênios e épocas de aplicação. Gott et al. (2014), na mesma avaliação notaram que a maior proliferação ocorreu no estágio V4, apresentando este o estágio mais indicado para aplicação de adubação nitrogenada.

Componentes de produtividades que apresentaram resultados não significativos foram analisados e comparados com outros estudos na literatura, sendo um destes componentes o comprimento e diâmetro da espiga, resultado semelhante também foi encontrado por Bueno et al. (2018), onde não foi encontrado resultados que diferem entre si para comprimento da espiga, número de grãos por fileiras e número de fileiras por espigas (Figura 2).

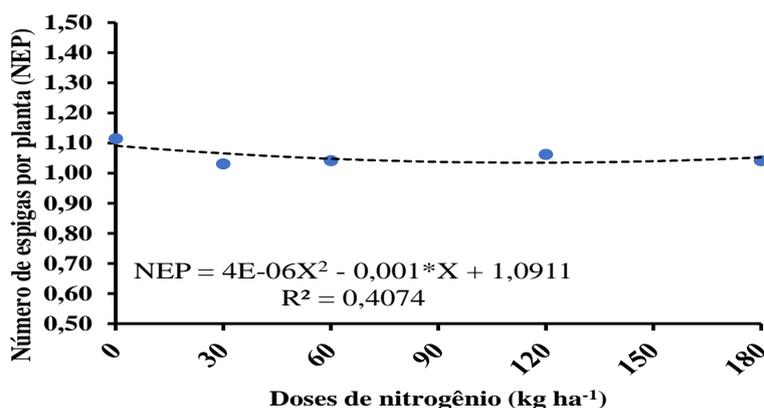


Figura 2. Número de espigas por planta x doses (NEP), experimental, Rio Verde, Goiás, Brasil. Fonte: Autores, 2022.

Resultados significativos para números de fileiras de grãos e número de grãos por fileiras, foram observados por Costa et al., (2020) em experimento conduzido com cinco fontes de N₂ aplicadas em cobertura, sem incorporação ao solo. Já Lange et al. (2014) e Sichoeki et al. (2014), testaram diferentes fontes de N₂ em diferentes épocas de aplicação e também não encontraram resultados influenciados pela adubação nitrogenada em cobertura no número de fileiras por espiga de milho.

Na Tabela 4 observa-se que, o NGPlanta, MMG e MGPplanta não apresentaram diferença significativa entre as dosagens avaliadas em nosso estudo. Já PROD e SCHA apresentaram diferença significativa entre as doses de N₂. Na tabela 4, observou-se que apenas a produtividade e produção de sacas por hectare apresentaram resultados significativos quanto as doses aplicadas no experimento, e que, demais componentes de produtividades não tiveram resultados significativos estatisticamente.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis número de grãos por planta (NGPlanta), massa de mil grãos (MMG), massa de grãos por planta (MGPlanta), produtividade (PROD) e produção de sacas por hectare (SCHA) da cultura do milho, Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022,

FV	GL	Quadrado médio				
		NGPlanta	MMG	MGPlanta	PROD	SCHA
Dose	4	1277,65 ^{ns}	0,000515 ^{ns}	0,000238 ^{ns}	8578981,21 ^{**}	2383,08 ^{**}
Fonte	1	60,63 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	2122583,11 ^{ns}	589,59 ^{ns}
Dose*Fonte	4	318,51 ^{ns}	0,000890 ^{ns}	0,000328 ^{ns}	812820,07 ^{ns}	225,82 ^{ns}
Bloco	3	3557,48 ^{ns}	0,000409 ^{ns}	0,000316 ^{ns}	672608,59 ^{ns}	196,85 ^{ns}
Erro	27	3245,24	0,000361	0,000268	1760560,27	489,00
CV (%)		9,60	8,44	11,58	12,66	12,66

Nota: **, * = Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} = Não significativo. FV = Fonte de variação. GL = Grau de liberdade. CV = Coeficiente de variação. Fonte: Autores, 2022.

A produtividade e o número de sacas por hectare foram influenciados pela aplicação de N₂, independente da fonte utilizada no experiment (Figura 3, A e B). Bueno et al. (2018) conseguiram acréscimos de 9,2% da produtividade no experimento que conduziram com ureia convencional, ureia com polímero e ureia convencional + N₂ foliar, onde também não houve influência da fonte utilizada.

Tratamento com diferentes fontes de N₂ não apresentou resultados significativos para nenhum dos componentes avaliados em nosso estudo. Resultado semelhante foi encontrado por Costa et al. (2020) e Kappes et al. (2009) que também não constataram diferenças significativas de produtividade no milho em função das fontes de N₂ aplicadas na adubação de cobertura.

Massa de mil grãos não sofreu influência aos tratamentos com N₂ (Figura 3), resultados semelhantes aos nossos, foram reportados por Costa et al. (2020) e Souza et al. (2011), ao avaliarem a adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigada. A ureia revestida apresenta maior eficiência no uso do nitrogênio quando comparada a ureia sem revestimento, principalmente em solos arenosos. Na cultura do milho a aplicação de ureia revestida apresenta maior comprimento de espiga, maior massa de mil grãos e consequentemente maior rendimento (Guareschi et al., 2013), o resultado, no entanto difere do resultado da presente pesquisa onde não houve diferença para esses parâmetros (Figura 3).

A aplicação da ureia convencional e ureia protegida não apresentaram resultados significativos que diferem entre si, porém, deve-se ressaltar que, mesmo não apresentando resultado significativo, a ureia revestida apresentou produção superior de 7,7sc ha⁻¹ a mais que a ureia convencional, (Figura 3, B). Resultado semelhante foi observado por Spindola et al. (2018), ao conduzirem experimento semelhante no município de Santa Rosa do Sul, Estado de Santa Catarina, Brasil, onde não foi apresentada interação entre as fontes de N₂ analisadas.

Khakbazan et al. (2013) conduziram experimentos em diferentes localidades por três anos agrícolas e em culturas variadas, onde concluíram em geral que, a ureia comum e a ureia revestida com polímero tem o mesmo desempenho, e nas poucas ocasiões que a ureia protegida promoveu maior produtividade, o seu uso não se justifica pelo maior custo.

Nash et al. (2013) concluíram em sua pesquisa com N₂ de liberação controlada que a ureia revestida com polímero aumenta a produtividade de milho entre 12% e 14% em relação à ureia comum, quando aplicadas de forma incorporada, a pesquisa foi desenvolvida em sistemas de cultivo e formas de aplicação em solos argilosos mal drenados com alto potencial de perda de N₂, onde os piores desempenhos ocorram em aplicações no tipo lançamento.

Efeitos positivos de inibidores de urease e de nitrificação em diversos cultivos dependem das condições ambientais e de manejo, Abalos et al. (2014) concluíram em estudo, que os inibidores em geral promovem aumento de 7,5% em produtividade e em 12,9% na eficiência de uso do N₂. Para esses autores, os melhores resultados para estes inibidores ocorrem em condições de solos bem drenados e em casos de aplicações de altas doses de N₂. Para casos de potencial alto de perda por volatilização, como em solos alcalinos, o uso do inibidor de urease (NBPT) é a opção mais apropriada.

Martins (2014) afirma que a ureia revestida por polímeros proporcionou maior produtividade de sorgo do que a

esperada no caso de aplicação direta na superfície do solo em período de veranico, as doses aplicadas eram acima de 170 kg ha^{-1} . Lima et al. (2013) confirmaram em seu estudo, que a dose de ureia polimerizada equivalente a 25% em seu experimento, promoveu maiores incrementos no sorgo sacarino em seu desenvolvimento vegetativo, com doses de $90 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, esses autores ainda relatam que o emprego de fertilizantes revestidos com polímeros pode resultar em boa economia, bem como, a redução na dosagem que se deve a menor perda de nutrientes.

No estudo de Silva et al. (2012) na aplicação de ureia de duas marcas diferentes, ambas revestidas e ureia comum, não houve diferença em todas as variáveis analisadas, concluindo que independente do revestimento, o uso de ureia em cobertura no milho influencia positivamente na produtividade, o mesmo não ocorreu no estudo realizado com o sorgo avaliado por esses pesquisadores. E por fim, Martins (2014) conclui ainda que o modo de aplicação, linha ou a lanço, em área total, não influencia nos resultados de produtividade, e ainda que o parcelamento da adubação garante aumento na produtividade de grãos, que independe se a ureia é revestida ou convencional, especialmente se aplicações forem realizadas em períodos chuvosos.

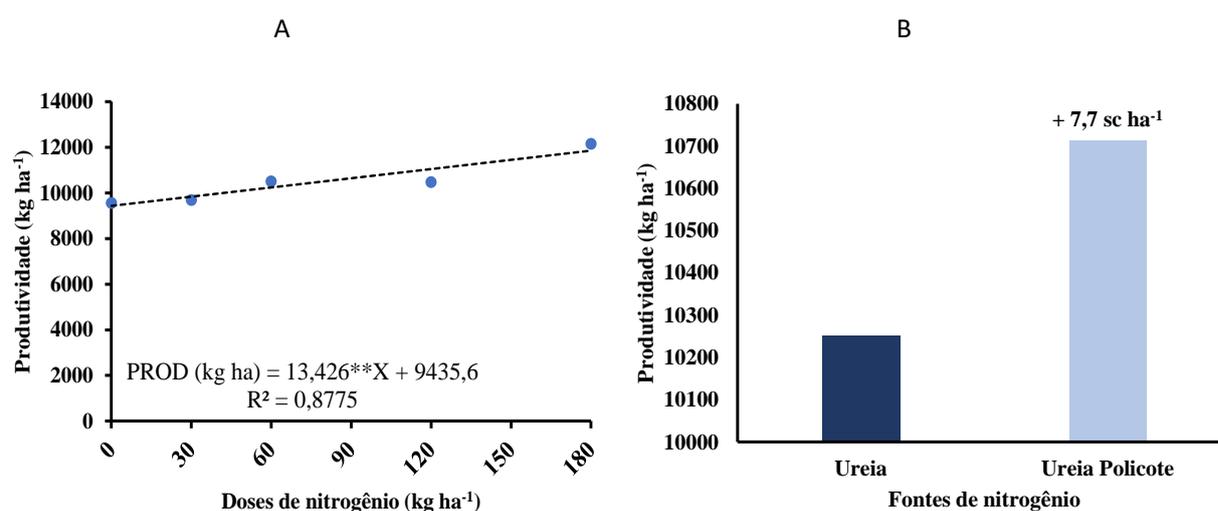


Figura 3. Produtividade \times Dose (PROD – kg ha^{-1}) (A) e produtividade \times Fontes (B) da cultura do milho, Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022. Fonte: Autores, 2022.

4. Conclusões

O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado a lanço e a utilização da fonte ureia protegida não influenciaram sobre o número de grãos por planta, massa de mil grãos e massa de grãos por planta na cultura do milho. O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado a lanço promove aumento na produtividade de grãos por hectare. A ureia protegida promove maior Índice de eficiência agrônômica e Eficiência agrônômica de nitrogênio. A ureia protegida produz maior quantidade de grãos por hectare em comparação com a ureia, até a dose de 120 kg ha^{-1} .

5. Agradecimentos

Ao Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil; ao Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.

5. Referências

- Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., & Vallejo, A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 189, 136-144.
- Albuquerque, P. E. P. (2007). Embrapa Milho e sorgo, Sistemas de Produção. Versão Eletrônica – 3ª Edição Set/2007.

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Bueno, D. S., Coradi, P. C., Dick, M., & Silva, M. A. (2018). *Produtividade de grãos de milho de segunda safra em função do manejo da fertilização nitrogenada*. In: IX Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável VI Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável 20 e 21 de setembro de 2018.
- Caetano, A. O., Diniz, R. L. C., Benett, C. G. S., & Salomão, L. C. (2015). Efeito de fontes e doses de nitrogênio na cultura do rabanete. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2(4), 55-59. <https://doi.org/10.32404/rean.v2i4.286>
- Carvalho, R.P., Pinho, R. G. V., & Avide, L. M. C. (2011). Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10(2), 108-120. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n2p108-120>
- Chagas, P. H. M., Gouveira, G. C. C., Costa, G. G. S., Barbaosa, W. F. S., & Alves, A. C. (2017). Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(2), 76-80. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1301>
- Charlo, H. C. O., Almeida, J. S. M., Orioli Júnior, V., & Lana, R. M. Q. (2020). Doses e modos de aplicação de ureia revestida com polímero no cultivo de alface americana. *Nativa*, 8(4), 579-584. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.10649>
- Coelho, J. D. (2021). Milho: Produção e Mercado. *Caderno Setorial ETENE*, 6(182).
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Produção de grãos é estimada em 272,5 milhões de toneladas com clima favorável para as culturas de 2ª safra. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 17 de Julho de 2022.
- Costa, A. C. R., Sousa, W. S., Pelá, A., & Silva, A. T. (2020). Efeito de fontes nitrogenadas protegidas e de solução concentrada em adubação de cobertura em milho. *Revista Agrotecnologia*, 11(2), 36-45. <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9993>
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. E., Alvarenga, R. C., Gontijo Neto, M. M., Viana, J. H. M., Oliveira, M. F., Matrangolo, W. J. R., Albuquerque Filho, M. R. (2010). Cultivo de milho. *Embrapa Milho e Sorgo*, 2.
- Espindola, B. P., Madeira, L. G., Carlos, S. S., Bereta, S., Sokal, T. F., Santos, M., & da Rosa, E. D. F. F. (2018). Produtividade de plantas de milho submetidas a adubação nitrogenada com ureia convencional, ureia de liberação lenta e inibidor de urease no extremo sul catarinense. *Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)*, 1(11), 1-5.
- Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (2020). *Produção de milho*. Disponível em: <https://sistemafaeg.com.br/>. Acesso em 16 nov. 2022.
- Franco, A. A. N. (2011). *Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo*. Dissertação (Mestrado). Montes Claros, 74p.
- Galindo, F. S., Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Santini, J. M. K., Alves, C. J., Nogueira, L. M., ... & Bellotte, J. L. M. (2016). Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40, e0150364.
- Girardi, E. A., & Mourão Filho, F. A. A. (2003). Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. *Citrus Research & Technology*, 24(2), 507-518.
- Gott, R. M., Sichoeki, D., Aquino, L. A., Xavier, F. O., Santos, L. P. D., Aquino, R. F. B. A. (2014). Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13(1), 24-3. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p24-34>
- Guareschi, R. F., Perin, A., & Gazolla, P. R. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. *Global Science and Technology*, 6(2), 31-37, 2013. <http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801.v06n02a04>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Área, Produção e Rendimento Médio - Confronto das Safras de 2021 e das Estimativas para 2022 – Brasil*, disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>> Acesso em 20 nov. 2022.
- Kaneko, H. F., Arf, O., Leal, A. J. F. et al. (2012). *Efeito da ureia e ureia revestida com polímero na volatilização da amônia em duas regiões do cerrado*. In: Fertbio, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS. CD-ROM.

- Kappes, C., Carvalho, M. A. C., Yamashita, O. M., Silva, J. A. N. (2009). Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(3), 251-259.
- Khakbazan, M., Grant, C. A., Finlay, G., Wu, R., Malhi, S. S., Selles, F., ... & Harker, K. N. (2013). An economic study of controlled release urea and split applications of nitrogen as compared with non-coated urea under conventional and reduced tillage management. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(3), 523-534. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-107>
- Lange, A., Caione, G., Schoninger, E. L., Silva, R. G. (2014). Produtividade de milho safrinha em consórcio com capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13(1), 35-47. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p35-47>
- Lima, C. G., Silva, P. C., Costa, R. A., Martins, Y. A. M., & Lana, R. M. Q. (2013). Aplicação de diferentes doses de ureia polimerizada sob o desenvolvimento vegetativo de plantas de sorgo sacarino. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17), 224-232.
- Lopes, J. R. F., Dantas, M. P., & Ferreira, F. E. P. (2019). Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. *Nativa*, 7(1), 77-83. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6243>
- Mattei, E., Oliveira, P. S. R., Crusciol, C. A. C., Rego, C. A. R. M., Piano, J. T., & Silveira, L. (2021). Effect of intercropping between tropical fodder plants with corn and nitrogen fertilization on soil physical properties. *Revista de Agricultura Neotropical*, 8(4), e6318. <https://doi.org/10.32404/rean.v8i4.6318>
- Martins, I. S., Cazetta, J. O., & Fukuda, A. J. F. (2014). Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44, 271-279. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300010>
- Máximo, P. J. M., Pinto, A. A., Camara, F. T., Mota, A. M. D., & Nicolau, F. E. A. (2019). Adubação nitrogenada em cobertura em dois cultivares de milho no Cariri-CE. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(1), 23-28. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.2561>
- Meira, F. A. (2006). *Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho*. Tese (Doutorado em Agronomia, Engenharia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Miranda, R. D. (2018). Uma história de sucesso da civilização. *A Granja*, 74(829), 24-27.
- Miyazawa, M., Costa, A., Junior, R. A. R., Tiski, I., Hoshino, R. K. C. (2015). *Eficiência Agrônômica de Fertilizantes Nitrogenados Modificados*. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.
- Miyazawa, M., Tiski, I. (2011). *Teores de N-NH⁴⁺ no solo em função de fontes nitrogenadas: ureia e ureia revestida por Policote*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS. CD-ROM.
- Morais, M., Amaral, H. F., & Nunes, M. P. (2018). Desenvolvimento e assimilação de nutrientes da cultura de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, 34(esp.), 160-176.
- Mota, M. R., Sangoi, L., Schenatto, D. E., Giordani, W., Boniatti, C. M., & Dall'Igna, L. (2015). Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 512-522. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140308>
- Nash, P. R., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2013). Corn yield response to polymer and non-coated urea placement and timings. *International Journal of Plant Production*, 7(3), 374-392.
- Neto, D. C. O. R., BARROS, L. R., Sousa, V. S., Vrasil, E. P. F., Ribon, A. A., & Smaniotto, A. O. (2021). Initial development of corn subjected to increasing nitrogen doses. *Revista de Agricultura Neotropical*, 8(1), e5226. <https://doi.org/10.32404/rean.v8i1.5226>
- Nunes, J. L. S. (2016). Características do Milho (*Zea mays*). Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- Okumura, R. S., & de Cinque Mariano, D. (2012). Aspectos agrônômicos da ureia tratada com inibidor de urease. *Ambiência*, 8(2), 403-414.

- Pereira, C. S., Geise, E., Fiorini, I. V. A., & Lange, A. (2018). Épocas de semeadura de milho na região norte de Mato Grosso. *Nativa*, 6(3), 241-245. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i3.5471>
- Peres, A. R. (2017). *Variação hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes*. 146 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.
- Reetz, H. F. (2017). Fertilizantes e o seu uso eficiente. São Paulo: ANDA, 178 p.
- Rodrigues, M. A., Santos, H., Ruivo, S., & Arrobas, M. (2010). Slow-release N fertilisers are not an alternative to urea for fertilisation of autumn-grown tall cabbage. *European Journal of Agronomy*, 32(2), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.09.003>
- Santos, M. M., Galvão, J. C. C., Silva, I. R., Miranda, G. V., & Finger, F. L. (2010). Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15N) na planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 1185-1194. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400018>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília-DF: Embrapa. 356p.
- Santos, S. M. C., Antonangelo, J. A., Deus, A. C. F., Fernandes, D. M. (2016). Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(1), 16-20. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.545>
- Sarturi, M. V. R., Carvalho, I. R., Demari, G. H., Loro, M. V., Pradebon, L. C., & Port, E. D. (2022). Prediction of corn grain yield according to the altitude and plant population. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4), e7070. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.7070>
- Sichocki, D., Gott, R. M., Fuga, C. A. G., Aquino, L. A., Ruas, R. A. A., & Nunes, P. H. M. P. (2014). Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13(1), 48-58. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p48-58>
- Silva, P. D., & Lovato, C. (2008). Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, 15(1), 15-33.
- Silva, A. D. A., Silva, T. S., Vasconcelos, A. C. P. D., & Lana, R. M. Q. (2012). Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. *Biosci. J.*, 28(1), 104-111.
- Silva, A. G., Sequeira, C. H., Sermarini, R. A., & Otto, R. (2017). Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, 109(1), 1-13. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.04.0200>
- Silva, L. E. B., de Sales Silva, J. C., de Souza, W. C. L., Lima, L. L. C., & dos Santos, R. L. V. (2020). Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. *Diversitas Journal*, 5(3), 1636-1657. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-869>
- Souza, J. A., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Andreotti, M., Sá, M. E. D., & Arf, O. (2011). Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia*, 70, 447-454. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200028>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2009). *Fisiologia vegetal*. 4ª Ed., Porto Alegre: Artmed, 819 p.
- Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Andreotti, M., Benett, C. G. S., Arf, O., & Sá, M. E. (2014). Wheat nitrogen fertilization under no till on the low altitude Brazilian Cerrado. *Journal of Plant Nutrition*, 37(11), 1732-1748. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.889150>
- Ventura, M. F. B., & Dalchiavon, F. C. (2018). Agronomic characteristics of corn grown in different population arrangements. *Nativa*, 6(6), 569-574. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5927>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).