

Avaliação de trocas gasosas e fluorescência no milho segunda safra sob diferentes fontes e doses de nitrogênio

Willian Silva Ferreira¹, Christiano Lima Lobo de Andrade^{1,2,3}, Fernando Rodrigues Cabral Filho^{1,2} & Marconi Batista Teixeira²

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

² Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

³ Pulveriza Soluções Agrícolas Ltda, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Willian Silva Ferreira, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.
E-mail: willianferreirajdj@gmail.com

Recebido: Dezembro 13, 2022

Aceito: Dezembro 27, 2022

Publicado: Fevereiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i2.250

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i2.250>

Resumo

Cientes sobre a relevância da cultura do milho para a agricultura brasileira, busca-se cada vez mais aprimorar o manejo e elevar a produtividade e a qualidade dos grãos, e que a fluorescência da clorofila é um indicador de estresse nas plantas como seca e carência de Nitrogênio (N₂). Assim, o presente estudo teve por objetivo compreender os parâmetros de fluorescência da clorofila em linhagem de milho em diferentes níveis de N₂ e suas trocas gasosas, e como estes influenciam nos resultados e desempenhos da cultura. O experimento foi conduzido no IF Goiano, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. O cultivar de milho híbrido utilizado foi FS575PWU. O sistema de plantio utilizado foi o de plantio direto, tendo como cultura antecessora a cultura da soja na safra 2021/22. Os tratamentos consistiram em cinco doses de N₂ (0, 30, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N₂ (Ureia e Ureia revestida). Os teores de clorofilas foram avaliados aos 49, 56, 63, 70, 74 e 77 DAS, através da leitura de uma folha por parcela, quantificando-se: Clorofila *a* (CLRa); Clorofila *b* (CLRb); Clorofila total (CLRt) e; a relação clorofila *a*/clorofila *b* (CLRa/b), pelo Falker ClorofiLOG[®]. Conclui-se que o efeito dos tratamentos de fontes e doses de N₂ ocorre na radiação fotossinteticamente ativa interceptada aos 56 DAS, na relação Clorofila *a*/Clorofila *b* aos 63 DAS e na produtividade de grãos da cultura do milho, cultivado em segunda safra, sendo comprovado que o uso do Hidrogel[®] proporciona aumento da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, da eficiência de interceptação de luz e da clorofila total sobre as folhas de *Zea mays*. A dose de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio, independente da fonte, proporciona a maior produtividade de grãos da cultura do milho, cultivado em segunda safra, no Estado de Goiás, Brasil.

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

Evaluation of gas exchange and fluorescence in corn second crop under different nitrogen sources and doses

Abstract

Aware of the relevance of the corn crop for Brazilian agriculture, efforts are increasingly being made to improve management and increase grain productivity and quality, and that chlorophyll fluorescence is an indicator of stress in plants such as drought and lack of Nitrogen (N₂). Thus, the present study aimed to understand the parameters of chlorophyll fluorescence in corn lineage at different levels of N₂ and its gas exchange, and how these influence the results and performance of the crop. The experiment was conducted at the IF Goiano, Rio Verde, Goiás State, Brazil. The hybrid corn cultivar used was FS575PWU. The planting system used was direct planting, with soybeans in the 2021/22 harvest as the predecessor crop. Treatments consisted of five N₂ doses (0, 30, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) and two N₂ sources (Urea and coated Urea). Chlorophyll contents were evaluated at 49, 56, 63, 70, 74 and 77 DAS, by reading one leaf per plot, quantifying: Chlorophyll *a* (CLRa); Chlorophyll *b* (CLRb); Total chlorophyll (CLRT) and; the chlorophyll *a*/chlorophyll *b* ratio (CLRa/b), by Falker ClorofiLOG[®]. It is concluded that the effect of N₂ sources and doses treatments occurs on the photosynthetically active radiation intercepted at 56 DAS, on the Chlorophyll *a*/Chlorophyll *b* ratio at 63 DAS and on the grain yield of

the corn crop, cultivated in the second crop, being proven that the use of HidroGel® increases the intercepted photosynthetically active radiation, the light interception efficiency, and the total chlorophyll on the leaves of *Zea mays*. The dose of 180 kg ha⁻¹ of nitrogen, regardless of the source, provides the highest grain yield of maize, cultivated in the second crop, in the State of Goiás, Brazil.

Keywords: urea, coated urea, productivity, *Zea mays*, chlorophylls.

1. Introdução

O milho, *Zea mays* L., é uma espécie granífera pertencente à família Poaceae, sendo mundialmente cultivado visto a sua adaptabilidade, expressada em diversos genótipos domesticados e desenvolvidos geneticamente em centros de estudos (Nascimento et al., 2014). Atualmente, o cultivo desse grão é realizado em climas tropicais, subtropicais e temperados (Barros; Calado, 2014). A cultura do milho tem grande importância no cenário da agricultura brasileira sendo o Brasil, o terceiro maior produtor mundial (Môro; Fritsche Neto, 2015; Pereira et al., 2018).

É nesse sentido, que o milho é o segundo cereal mais produzido no Brasil, perdendo apenas para a soja (*Glycine max*) e o Estado de Goiás se consolida entre os maiores produtores de milho do Brasil com uma produção média de 8,4 milhões de toneladas descrita na safra 2020/21, perdendo apenas para os líderes, os Estados de Mato Grosso e Paraná (Caldarelli; Bacchi, 2012; Pereira et al., 2018; Souza et al., 2018).

Nos últimos 30 anos, houve uma significativa transição da produção do milho da primeira para a segunda safra, sendo a responsável na atualidade pelo maior volume de milho que é produzido no Brasil (Damasceno et al., 2018). O milho é uma das culturas mais exigentes em adubação nitrogenada, diante disto, seu surgimento adequado é considerado um dos principais fatores limitantes sobre a produtividade devido a qualidade e teor de proteínas, enzimas, coenzimas, amido nativo, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofilas *a/b* e total (Cantarella, 1993).

Nas regiões tropicais, a deficiência hídrica e as carências nutricionais prejudicam o desempenho e o desenvolvimento da planta e dos grãos, tornando-os instáveis, entre os fatores, estão o déficit hídrico, que atrapalha a adequada absorção do Nitrogênio (N₂). Este, quando em níveis inadequados no solo, afetam as taxas de iniciação e expansão foliar, bem como podem afetar o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Schroder, 2000), o que ainda dificulta as funções fotossintéticas do vegetal.

O N₂, é considerado um componente essencial das clorofilas, estas, responsáveis pela captação da energia solar e ainda pela produção de fotoassimilados do metabolismo especial. Quando se perde essa eficiência, há redução da área foliar, senescência acelerada das folhas, baixa eficiência da fotossíntese e alterações negativas sobre a atividade fotossintética da planta, prejudicando assim seu desenvolvimento pleno (Machado et al., 2004).

Bruce et al. (2002) descreve que a ausência de N₂ no solo associada ao déficit hídrico leva ao declínio sobre as taxas fotossintéticas, e à redução na interceptação de luz (radiação luminosa). Há ainda alterações das trocas gasosas (CO₂ e O₂) e redução na fixação de carbono (C) pelo fechamento estomático, bem como, danos da foto-oxidação do aparato fotossintético.

A habilidade de proteção das membranas celulares e enzimas mediante ao estresse e a recuperação do déficit hídrico afetam a cultura em sua sobrevivência e produção de grãos. Mediante a isso, a avaliação da fluorescência da clorofila é relevante ferramenta no estudo de mecanismos de adaptação diferentes a estresse que limitam o funcionamento do Fotossistema I/II (Trindade, 2020).

Compreende-se que a fluorescência da clorofila é um indicador de estresse nas plantas como seca e carência de N₂. Nesse sentido, este estudo buscou avaliar os parâmetros de fluorescência da clorofila em linhagem de milho com diferentes níveis de N₂ e suas trocas gasosas.

2. Material e Métodos

2.1 Local do experimento e dados climáticos da área

O experimento foi conduzido no IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, 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 Köppen & Geiger (1928) e 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.

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 1.430 e 1.650 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).

2.2 Período de plantio e cultivar

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

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, analisado em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (N_2) (0, 30, 60, 120 e 180 $kg\ ha^{-1}$) e duas fontes de N_2 (Ureia e Ureia revestida). Todos os tratamentos receberam a aplicação de Hidrogel® no momento da semeadura, excluindo-se o tratamento adicional. As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 6 metros de comprimento (13,5 m^2), totalizando uma área ocURada pelo experimento de 540 m^2 (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados durante o experimento de plantio e tratamentos com soluções ricas em nitrogênio de diferentes fontes, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamento	Dose ($kg\ ha^{-1}$ de N_2)	Dose ($kg\ ha^{-1}$ da fonte)	Fonte	Hidrogel
T1	0	0	Ureia (U)	COM
T2	30	67	Ureia (U)	COM
T3	60	133	Ureia (U)	COM
T4	120	267	Ureia (U)	COM
T5	180	400	Ureia (U)	COM
T6	0	0	Ureia revestida (UR)	COM
T7	30	70	Ureia revestida (UR)	COM
T8	60	140	Ureia revestida (UR)	COM
T9	120	279	Ureia revestida (UR)	COM
T10	180	419	Ureia revestida (UR)	COM
T11	120	279	Ureia revestida (UR)	SEM

Nota: Ureia: granulada, 45% de nitrogênio. Ureia revestida: Ureia revestida com, 43% de nitrogênio. Hidrogel®. Fonte: Autores, 2022.

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 dos tipos de 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.

2.3 Análises de radiação fotossinteticamente ativa

Foram realizadas mensurações de radiação fotossinteticamente ativa (RFA - $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) no centro das parcelas, aos 42, 49 e 56 dias após a semeadura (DAS), com o auxílio de um Ceptômetro (Tecnal®, Mod. APG-MQ-301). As leituras de RFA foram realizadas perpendicularmente às linhas de semeadura, sendo a RFA incidente (RFAi), realizada acima do dossel e a transmitida (RFA_t - $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) abaixo do dossel e ao nível do solo. A radiação fotossinteticamente interceptada (RFA_{it} - $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) foi obtida pela diferença entre a incidente e a transmitida e, a eficiência de interceptação (E_i - $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) pela divisão entre a RFA_{it} e a RFAi.

O índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) também foi mensurado nestas mesmas datas, utilizando-se um sensor de lavoura portátil GreenSeeker® (Trimble). As leituras foram realizadas perpendicularmente às linhas de semeadura, numa altura de 50 cm, por caminamento na parcela.

No estádio R1 (florescimento – 74 DAS) foi realizada, no período da manhã (07:00 às 12:00), a avaliação de características fisiológicas em uma planta por parcela, utilizando um analisador portátil de gases por infravermelho (IRGA, modelo 6800, Li-Cor, Inc. Lincoln, Nebraska, USA). Foram determinadas: Taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Taxa transpiratória ($E - \text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Condutância estomática ($g_s - \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Razão Ci/Ca ; Eficiência instantânea de carboxilação ($A/\text{Ci} - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Cocentração interna de CO_2 ($\text{Ci} - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e; Eficiência no uso da água ($\text{EUA} - \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

A fluorescência transiente da clorofila a foi determinada com o uso de um fluorômetro portátil (FluorPen FP100, Photon Systems Instruments; Drasov, Czech Republic), na mesma folha utilizada na avaliação das trocas gasosas, a qual foi previamente adaptada ao escuro por 30 minutos para oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons. Posteriormente, foram submetidas a um pulso de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz azul, medindo-se a fluorescência mínima (F_0) em $50 \mu\text{s}$ quando todos os centros de reação PSII (fotossistema II) estão abertos e definido como o passo O, seguida pelo passo J (a 2 ms), o passo I (a 30 ms) e a fluorescência máxima (F_m) quando todos os centros de reação PSII estão fechados, conhecido como passo P. Estes valores foram utilizados para a estimativa de vários índices bioenergéticos do PSII, conforme (Strasser et al., 2000).

Foram obtidos os valores relativos à produção quântica máxima (F_v/F_m); fluxo de energia absorvida por centro de reação ativo (ABS/RC); fluxo de captura de energia por centro de reação (TRo/RC); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ETo/RC); fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (DIO/RC) e o índice de desempenho na base de absorção (PIABS). Estas avaliações foram realizadas no horário entre 08:00 e 12:00 horas, sempre em uma folha expandida.

Os teores de clorofilas foram avaliados aos 49, 56, 63, 70, 74 e 77 DAS, através da leitura de uma folha por parcela, quantificando-se: Clorofila a (CLRa); Clorofila b (CLRb); Clorofila *total* (CLRt) e; a relação clorofila a /clorofila b (CLRa/b), utilizando-se o aparelho Falker ClorofiLOG® modelo CFL 1030.

2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados e submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de $p < 0,05$ de probabilidade e, os casos de significância entre as médias, foi realizada a análise pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatística SISVAR® (Ferreira, 2011).

3. Resultados

Entre os tratamentos (Tabela 2) não foram observadas diferenças significativas entre os resultados para RFAit, Ei 1 e 2 em nossos achados, para blocos, tratamentos e com ou sem hidrogel incorporado, embora tenhamos observado diferença significativa para RFAit 3 para tratamentos, sem e com hidrogel e tratamento T1, e para Ei 3 sem e com hidrogel.

Para CLRa e b , CLRt , CLRa/b não foram observadas diferenças significativas em nenhum de nossos tratamentos para o cultivar de milho avaliado com ou sem hidrogel em área experimental no Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil, aos 49 e 56 dias de avaliação (Tabela 3).

Os resultados para os tratamentos com e sem hidrogel na cultura do milho em nosso estudo, não apresentaram diferenças significativas para CLRa,b , CLRt , relação CLRa/b aos 70 dias, embora tenhamos observado efeito significativo sobre o T6 que obteve diferença significativa sobre 63 DAS para a relação CLRa/b (Tabela 4).

Aos 74 e 77 dias de experimento, não verificamos diferenças significativas para os tratamentos CLRa , b , CLRt , CLRa/b na cultura de milho avaliada, entre os blocos e tratamentos. No entanto, com ou sem incorporação com hidrogel foram obtidos resultados satisfatórios para os efeitos CLRa e CLRt aos 77 DAS (Tabela 5).

Entre os blocos, tratamentos e contraste com ou sem hidrogel incorporado, não foram verificadas diferenças significativas para E , A , g_s , Ci/Ca , A/Ci e EUA em nossos achados para o cultivar de milho avaliado (Tabela 6).

Tabela 2. Valores médios e teste F para a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAit) e a eficiência de interceptação (Ei) da cultura do milho aos 42, 49 e 56 dias após a semeadura (DAS), Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022.

		RFAit 1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	Ei 1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	RFAit 2 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	Ei 2 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	RFAit 3 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	Ei 3 ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})
Média	Sem Hidrogel	367,50	0,58	932,50	0,69	836,00	0,51
	Com Hidrogel	444,17	0,67	872,11	0,67	1416,31	0,76
	Média Geral	436,50	0,66	878,15	0,67	1358,27	0,73
CV (%)		29,82	19,19	27,97	20,49	21,93	19,19
F _{Calc}	Bloco	1,989 ^{ns}	2,491 ^{ns}	1,156 ^{ns}	0,534 ^{ns}	0,523 ^{ns}	0,616 ^{ns}
	Tratamentos	0,943 ^{ns}	0,895 ^{ns}	0,529 ^{ns}	0,217 ^{ns}	2,315*	2,018 ^{ns}
	Contraste						
	(Sem x Com Hidrogel)	1,249 ^{ns}	1,882 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,150 ^{ns}	13,658*	11,806*
Médias (Tukey 5%)	T1					1599 a	
	T2					1362 ab	
	T3					1186 ab	
	T4					1551 ab	
	T5					1588 ab	
	T6					1420 ab	
	T7					1312 ab	
	T8					1420 ab	
	T9					1310 ab	
	T10					836 b	

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$. RFAit 1 / RFAit 2 / RFAit 3 = radiação fotossinteticamente ativa interceptada aos 42, 49 e 56 dias após a semeadura. Ei 1/Ei 2/Ei 3 = radiação fotossinteticamente ativa interceptada aos 42, 49 e 56 dias após a semeadura. Fonte: Autores, 2022.

Tabela 3. Valores médios e teste F para a clorofila *a* (CLRa), clorofila *b* (CLRb), clorofila *total* (CLRt) e relação Clorofila *a*/Clorofila *b* (CLRa/b) da cultura do milho, aos 49 e 56 dias após a semeadura (DAS), Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022.

		CLRa 1	CLRb 1	CLRt 1	CLRa/b 1	CLRa 2	CLRb 2	CLRt 2	CLRa/b 2
Média	Sem Hidrogel	39,40	14,38	53,78	2,76	38,38	13,40	51,78	2,89
	Com Hidrogel	39,21	13,80	53,01	2,89	37,74	13,90	51,64	2,85
	Média Geral	39,23	13,85	53,09	2,87	37,80	13,85	51,65	2,85
CV (%)		5,32	13,09	6,18	12,50	8,18	23,00	11,25	19,38
F _{Calc}	Bloco	0,363 ^{ns}	0,475 ^{ns}	0,172 ^{ns}	0,859 ^{ns}	0,449 ^{ns}	2,446 ^{ns}	1,441 ^{ns}	2,485 ^{ns}
	Tratamentos	0,487 ^{ns}	0,944 ^{ns}	0,487 ^{ns}	1,415 ^{ns}	1,600 ^{ns}	1,224 ^{ns}	1,452 ^{ns}	0,690 ^{ns}
	Contraste								
	(Sem x Com Hidrogel)	0,029 ^{ns}	0,362 ^{ns}	0,194 ^{ns}	0,446 ^{ns}	0,154 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,020 ^{ns}

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$. CLRa = clorofila *a*/CLRb = clorofila *b*/CLRt = clorofila *total*/CLRa/b = relação clorofila *a*/clorofila *b* aos 49 e 56 dias após a semeadura. Fonte: Autores, 2022.

Tabela 4. Valores médios e teste F para a clorofila *a* (CLRa), clorofila *b* (CLRb), clorofila *total* (CLRt) e relação Clorofila *a*/Clorofila *b* (CLRa/b) da cultura do milho, aos 63 e 70 dias após a semeadura (DAS), Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022.

		CLRa	CLRb	CLRt	CLRa/b	CLRa	CLRb	CLRt	CLRa/b
		3	3	3	3	4	4	4	4
Média	Sem Hidrogel	39,15	13,70	52,86	2,97	35,40	11,55	46,95	3,11
	Com Hidrogel	38,64	16,09	54,72	2,72	36,58	12,60	49,19	3,02
	Média Geral	38,69	15,85	54,53	2,74	36,46	12,49	48,96	3,02
CV (%)		8,30	46,47	18,08	24,50	9,31	20,06	11,27	17,56
F _{calc}	Bloco	0,462 ^{ns}	0,372 ^{ns}	0,289 ^{ns}	0,961 ^{ns}	1,613 ^{ns}	0,700 ^{ns}	1,219 ^{ns}	0,803 ^{ns}
	Tratamentos	1,660 ^{ns}	1,557 ^{ns}	1,669 ^{ns}	2,308 [*]	0,877 ^{ns}	1,604 ^{ns}	1,211 ^{ns}	1,979 ^{ns}
	Contraste	0,089 ^{ns}	0,379 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,437 ^{ns}	0,635 ^{ns}	0,594 ^{ns}	0,111 ^{ns}
	(Sem x Com Hidrogel)								
Médias (Tukey 5%)	T1				2,89 ab				
	T2				2,50 ab				
	T3				1,90 b				
	T4				2,32 ab				
	T5				3,40 ab				
	T6				3,57 a				
	T7				2,63 ab				
	T8				2,90 ab				
	T9				2,35 ab				
	T10				2,97 ab				

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; ^{*} = $p < 0,05$; ^{**} = $p < 0,01$. CLRa = Clorofila *a*/CLRb = clorofila *b*/CLRt = clorofila *total*/CLRa/b = relação clorofila *a*/clorofila *b* aos 63 e 70 dias após a semeadura. Fonte: Autores, 2022.

Tabela 5. Valores médios e teste F para a clorofila *a* (CLRa), clorofila *b* (CLRb), clorofila *total* (CLRt) e relação Clorofila *a*/Clorofila *b* (CLRa/b) da cultura do milho, aos 74 e 77 dias após a semeadura (DAS), Rio Verde - GO, segunda safra 2022

		CLRa	CLRb	CLRt	CLRa/b	CLRa	CLRb	CLRt	CLRa/b
		5	5	5	5	6	6	6	6
Média	Sem Hidrogel	37,95	10,78	48,73	3,64	35,03	11,80	46,83	3,16
	Com Hidrogel	38,30	11,63	49,94	3,51	41,21	15,19	56,38	2,86
	Média Geral	38,26	11,54	49,81	3,52	40,59	14,85	55,42	2,88
CV (%)		10,71	30,25	15,04	22,87	9,40	28,85	14,12	24,93
F _{calc}	Bloco	1,581 ^{ns}	0,590 ^{ns}	1,036 ^{ns}	0,370 ^{ns}	2,119 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,706 ^{ns}	0,183 ^{ns}
	Tratamentos	0,634 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,700 ^{ns}	0,879 ^{ns}	1,739 ^{ns}	0,498 ^{ns}	0,959 ^{ns}	0,444 ^{ns}
	Contraste	0,027 ^{ns}	0,217 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,083 ^{ns}	9,452 [*]	2,252 ^{ns}	5,365 [*]	0,644 ^{ns}
	(Sem x Com Hidrogel)								

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; ^{*} = $p < 0,05$; ^{**} = $p < 0,01$. CLRa = Clorofila *a*/CLRb = clorofila *b*/CLRt = clorofila *total*/CLRa/b = relação clorofila *a*/clorofila *b* aos 74 e 77 dias após a semeadura. Fonte: Autores, 2022.

Tabela 6. Valores médios e teste F para a taxa transpiratória (E), taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), relação Ci/Ca (Ci/Ca), eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (EUA) da cultura do milho, Rio Verde - GO, Brasil, segunda safra 2022.

		E	A	g_s	Ci/Ca	A/Ci	EUA
Média	Sem Hidrogel	5,85	28,78	0,23	0,40	0,18	5,06
	Com Hidrogel	7,05	29,94	0,29	0,48	0,17	4,40
	Média Geral	6,92	29,82	0,28	0,47	0,16	4,46
CV (%)		26,36	18,36	39,02	26,43	27,36	17,39
F_{Calc}	Bloco	3,416 ^{ns}	3,222 ^{ns}	0,581 ^{ns}	1,692 ^{ns}	4,678 ^{ns}	2,655 ^{ns}
	Tratamentos	0,558 ^{ns}	0,458 ^{ns}	0,478 ^{ns}	0,523 ^{ns}	0,512 ^{ns}	0,644 ^{ns}
	Contraste (Sem x com Hidrogel)	1,553 ^{ns}	0,163 ^{ns}	1,120 ^{ns}	1,639 ^{ns}	0,536 ^{ns}	2,636 ^{ns}

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$. E = taxa transpiratória. A = taxa fotossintética. g_s = condutância estomática. Ci/Ca = relação Ci/Ca (Ci/Ca). A/Ci = eficiência instantânea da carboxilação. EUA = eficiência do uso da água. Fonte: Autores, 2022.

Na Tabela 7, verificamos que, os tratamentos com e sem hidrogel para F_v/F_m , ABS/RC, TRo/RC, ETo/RC, Dio/RC e PI_{ABS} também não surtiram efeitos positivos e significativos para o cultivar de milho avaliado em nosso experimento.

Tabela 7. Valores médios e teste F para a produção quântica máxima (F_v/F_m), fluxo de energia absorvida por centro de reação ativo (ABS/RC), fluxo de captura de energia por centro de reação (TRo/RC), fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ETo/RC), fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (Dio/RC) e o índice de desempenho na base de absorção (PI_{ABS}) da cultura do milho, Rio Verde, Goiás, Brasil, segunda safra 2022.

		F_v/F_m	ABS/RC	TRo/RC	ETo/RC	Dio/RC	PI_{ABS}
Média	Sem Hidrogel	0,79	2,25	1,77	0,99	0,47	2,16
	Com Hidrogel	0,76	2,83	2,06	1,21	0,77	1,97
	Média Geral	0,76	2,77	2,03	1,18	0,74	1,98
CV (%)		9,42	46,42	27,01	35,62	104,79	49,45
F_{Calc}	Bloco	0,391 ^{ns}	0,400 ^{ns}	0,354 ^{ns}	0,726 ^{ns}	0,512 ^{ns}	0,266 ^{ns}
	Tratamentos	0,857 ^{ns}	1,023 ^{ns}	1,012 ^{ns}	0,891 ^{ns}	0,946 ^{ns}	0,608 ^{ns}
	Contraste (Sem x com Hidrogel)	0,726 ^{ns}	0,748 ^{ns}	0,992 ^{ns}	0,998 ^{ns}	0,533 ^{ns}	0,132 ^{ns}

Nota: CV = coeficiente de variação. ^{ns} = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$. F_v/F_m = produção quântica máxima. ABS/RC = fluxo de energia absorvida por centro de reação ativo. TRo/RC = fluxo de captura de energia por centro de reação. ETo/RC = fluxo de transporte de elétrons por centro de reação. Dio/RC = fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo. PI_{ABS} = índice de desempenho na base de absorção. Fonte: Autores, 2022.

4. Discussão

Compreende-se que na cultura do milho o N_2 é o nutriente mais demandado em quantidade. Desse modo, a adubação nitrogenada é indispensável para complementar o teor desse elemento ofertado pelo solo visando otimizar o potencial produtivo, visto que, este (solo brasileiro) apresenta baixa fertilidade natural, além disso, observa-se em ensaios de adubação com milho realizados em campo, onde há respostas positivas à aplicação de N_2 , o que requer o investimento em insumos como adubos químicos nitrogenados ou fontes naturais como águas residuárias de suinocultura ou cama de aviário (Gonçalves et al., 2019; Vitto et al., 2022). Para otimizar o resultado preconiza-se o uso de genótipos adaptados e bem produtivos sendo o melhoramento genético de grande relevância não somente frente aos genótipos responsivos à adubação nitrogenada, porém, o estudo de genótipos eficientes no uso de N_2 em solos de baixa fertilidade (Martins, 2008). Além disso, conforme descrito por Amaral

Filho et al. (2005), o nível adequado sobre o teor de N_2 foliar para a cultura do milho, sendo esse desenvolvimento satisfatório é entre 27,5 e 32,5 g kg^{-1} .

Nossos resultados demonstraram para radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a eficiência de interceptação com ou sem N_2 encapsulado com hidrogel significância sobre o conteúdo fotossintético, clorofilas *a* e *b*, e total. Nos demais tratamentos não demonstraram significância sobre os estádios fenológicos para o cultivar de milho FS575PWU analisado. Sousa et al. (2015) verificaram para um híbrido de milho entre os estádios V2 e V10 que, o maior teor de clorofila foi observado para V7, enquanto o menor teor obtido foi para V3. Esses autores, concordam que o efeito significativo quanto ao teor de clorofilas e de N_2 são correlatos entre os estádios de desenvolvimento fenológico do milho, onde indicam que há sim variação entre os estádios de desenvolvimento na concentração e acúmulo de N_2 foliar. Quadros et al. (2014) verificaram para três híbridos de milho tratados com estirpes de *Azospirillum*, onde as leituras de SPAD obtidas entre os estádios V5 e V3 foram de 31,94 controle e, inoculado de 34,32. Ainda nesse estudo, o híbrido de milho AS 1575 no início do ciclo com inoculação obteve maior teor relativo de clorofilas.

Ainda, Amaral Filho et al. (2005) verificaram na cultura do milho que o espaçamento entre linhas, densidade populacional e adubação com N_2 resultaram em resultados positivos sobre o quantitativo de clorofilas. Argenta et al. (2001) avaliaram dois híbridos de milho Pioneer 32R21 e Premium onde analisaram o teor de clorofila *a* e *b* entre os estádios com 6-7 folhas e no espigamento. Ambos os cultivares apresentaram diferenças significativas quanto ao teor de clorofila total e aos teores de clorofilas *a* e *b* nos três estádios de desenvolvimento. Os pesquisadores complementam ainda, que o uso do clorofilômetro de campo, apresenta alta precisão e maior rapidez na determinação desses grupos de fitocompostos. Ainda nesse estudo, o teor de N_2 correlacionado ao teor de clorofila extraível, no estádio com 6-7 folhas não foi significativo com o teor total e para *a* e *b* sobre clorofilas.

A diferença nestes casos e nosso estudo, deve-se à adubação quanto a quantidade de N_2 empregada na cultura realizada em diferentes estádios de desenvolvimento nesse cultivar empregado, as diferenças entre os teores de clorofilas *a* e *b* e total estão intimamente ligadas ao quantitativo de N_2 disponível para as plantas de milho. Esse argumento é também defendido por Sousa et al. (2015). Complementa-se com a discussão de Ritchie et al. (2003) que, teores variáveis e baixos em estádios mais desenvolvidos como V6 e posterior, a translocação pode resultar na deficiência nutritiva nos limbos foliares, a menor que a quantidade de N_2 disponível seja adequado ao estádio analisado. A discussão ainda apresenta que, estádios posteriores a V6 boa parte do quantitativo de N_2 disponível absorvido, como para V8 a V10 pode estar sendo utilizado ou desviado para outros processos e estruturas da planta, e não para a síntese de clorofilas.

Gaia et al. (2017) corrobora com nossos achados e a literatura sobre a adubação nitrogenada que deve ser realizada no período reprodutivo, visando assim, o aumento da produtividade de grãos e redução dos teores foliares de N_2 respeitando os limites recomendados em quantidade, pois, o sistema radicular e a absorção do N_2 aplicado, resultam na redução dos teores foliares e dos índices de clorofila por diferentes rotas biossintéticas.

A produtividade de grãos de milho é sobre a aplicação do N_2 via solo e os índices SPAD de clorofila que demonstram correlação positiva como já descrito anteriormente (Werner et al., 2016). A adubação com N_2 na fase reprodutiva leva ao aumento de produtividade em áreas altamente produtivas (Cassim et al., 2020).

Além disso, a redução das perdas de energia na forma de fluorescência, eleva a eficiência fotoquímica e consequentemente a produtividade (equivale a eficiência fotoquímica das plantas), esses dados, estão ligados sobre o espaçamento e adensamento de plantas de milho, também discutidas por Trindade (2020).

Como se sabe, o N_2 melhora o crescimento e desenvolvimento da planta de milho por meio do incremento das variáveis avaliadas, deste modo, o teor de clorofila e o rendimento quântico máximo no fotossistema II são sensíveis à disponibilidade de N_2 . Observa-se assim, efeito significativo entre produção de grãos e as variáveis, teor de clorofila, área foliar, nitrogênio foliar, altura de planta e índice de colheita (Martins, 2008).

5. Conclusões

Conclui-se que, os efeitos dos tratamentos sobre as fontes e doses de N_2 avaliados para a radiação fotossintética ativa interceptada, ocorreram de acordo com os dados obtidos aos 77 DAS na relação Clorofila *a* e Clorofila total na cultura do milho cultivado em segunda safra, no Estado de Goiás, Brasil.

Por meio do Hidrogel[®] houve aumento da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, da eficiência de interceptação de luz e da clorofila total das folhas, de modo a demonstrar que a fonte Ureia + Policote promove aumento de área foliar, índice de área foliar e massa seca de folhas. Conclui-se também que, o teor N_2 é alterado

conforme a dose e independente da fonte, sendo a dose ideal 180 kg ha⁻¹ de N₂ a responsável por proporcionar melhor produtividade de grãos no cultivo analisado em segunda safra.

6. Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil; ao Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil; ao Laboratórios de Hidráulica e Irrigação e de Fisiologia Vegetal do IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.

6. Contribuições dos autores

(1) concepção e delineamento: WL Ferreira e CLL Andrade, (2) aquisição dos dados: WL Ferreira, (3) análise e interpretação dos dados: FR Cabral Filho, (4) redação do artigo: WL Ferreira e CLL Andrade, (5) revisão crítica do conteúdo intelectual relevante: MB Teixeira e (6) aprovação final da versão a ser publicada: WL Ferreira, CLL Andrade, FR Cabral Filho e MB Teixeira.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

- 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. I 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Alho, 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>
- Almeida, U. O., Neto, R. C. A., Araújo, J. M., Costa, D. A., & Júnior, D. L. T. (2019). Fertilizantes de liberação lenta na produção de mudas frutíferas. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 6(1), 518-527. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2188>
- Amaral Filho, J. P. R., Filho, D. F., Farinelli, R., & Barbosa, J. C. (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 467-473. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000300017>
- Argenta, G., Silva, P. R. F., Bortolini, C. G., Forsthofer, E. L., & Strieder, M. L. (2001). Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(20), 158-167. <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000200005>
- Caldarelli, C. E., & Bacchi, M. R. P. (2012). Fatores de influência no preço do milho no Brasil. *Nova Economia*, 22(1), 141-164. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000100005>
- Catarella, H (1993). Calagem e adubação do milho. In: Bul, L. T., & Cantarella, H. (Eds). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 147-198. Disponível em: http://www.abms.org.br/eventos_antigos/cnms2012/02470.pdf. Acesso em 15 dez., 2022
- Coelho, J. D. (2021). Milho: Produção e Mercado. *Caderno Setorial ETENE*, 6(210), 1-12. [s1dsp01.dmz.bnb:8443/s482-dspace/handle/123456789/1115](https://doi.org/10.11606/1807-0107/202100011115)
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., 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*. [versão eletrônica], Embrapa Milho e Sorgo, 2.
- 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 - Agrotec*. Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG) (2020). Disponível em: <<https://sistemafaeg.com.br/>>. Acesso em: 30 de nov., 2022.

- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6)1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Fornasieri Filho, D. (2007). *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: Funep. 576 p.
- Francischini, R., Silva, A. G., & Tessmann, D. J. (2018). Eficiência de bioestimulantes e fungicida nos caracteres agrônômicos e econômicos na cultura do milho verde. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(2), 274-286. 10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p274-286.
- Galindo, F. S., Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Santini, J. M. K., Alves, C. J., Nogueira, L. M., Ludkiewicz, M. G. Z., Andreotti, 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. 10.1590/18069657rbcs20150364
- Girardi, E. A., & Mourão Filho, F. A. A. (2003). Emprego de fertilizantes de liberação controlada na formação de pomares de citros. *Revista Laranja*, 24(2), 507-518.
- Gonçalves, N. S., Komiyama, C. M., Rosa, C. C. B., Lima, J. F. P., Morais, M. D. G., Savegnago, F. B., Mezzalira Júnior, C., & Staub, L. (2019). Qualidade da cama de frango de corte e a alternativa da acidificação como tratamento. *Nativa*, 7(6), 828-834. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7041>
- Ibge. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, tabela 2, 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 de ago. 2022.
- Kaneko, H. F., Arf, O., Leal, A. J. F. (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.
- Kaneko, F. H., Sabundjian, M. T., Arf, O., Leal, A. J. F., Carneiro, L. F., & Paulino, H. B. (2016). Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 15(2), 202-216. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p23-37>
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-Map 150 cm x 200 cm. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkpozje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2093052](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkpozje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2093052)
- Machado, R., Duraes, F., Rodrigues, J., Magalhaes, P., & Cantao, F. (2004). Análise de fluorescência da clorofila em linhagens de milho contrastantes para tolerância a seca submetidas a dois níveis de nitrogênio. In: Congresso Nacional De Milho E Sorgo, 25.; Simposio Brasileiro sobre a Lagarta-do-Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, 1., 2004, Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade:[resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: *Embrapa Milho e Sorgo*; Cuiabá: Empaer, 2004.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. Ed., Piracicaba: POTAFOS, 319 p.
- Martin, N.B., Serra, R., Antunes, J. F. G., Oliveira, M. D. M., Okawa, H. (1998). Custos: sistemas de custo de produção agrícola. *Informações Econômicas*, 24(9), 97-122.
- Meira, F. A. (2006). Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho. Tese (Doutorado em Agronomia, Engenharia) pela Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. 46 f. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/106204>
- Miyazawa, M., Costa, A., Junior, R. A. R., Tiski, I., & Hoshino, R. K. C. (2015). Eficiência Agrônômica de Fertilizantes Nitrogenados Modificados. In: 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, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS.
- Miranda, R. A. (2018). Uma história de sucesso da civilização. *A Granja*, 74(829), 24-27. <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/829/materia/8972>
- 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: Cardenos de Ensino e Pesquisa*, 34(esp.), 160-176. <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/523>
- Nascimento, R. T., Pavan, B. E., Guerra, E. D., & Lima, F. N. (2014). Seleção massal em variedades de milho crioulo no Sul do Piauí. *Revista Nativa*, 02(02), 114-118. <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i2.1500>

- Okumura, R. S., & Mariano, D. C. (2012). Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de urease. *Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 8, 403-414. <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1254>
- Pereira, C. S., Geise, E., Fiorini, I. V. A., & Lange, A. (2018). Épocas de semeadura de milho na região norte do Mato Grosso. *Revista Nativa*, 6(3), 241-245. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i3.5471>
- Quadros, P. D., Roesch, L. F. W., Silva, P. R. R., Vieira, V. M., Roehrs, D. D., & Camargo, F. A. O. (2014). Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, 61(20), 209-218. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>
- Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1996). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. Ed., Campinas: Instituto Agronômico, 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- Sangoi, L., Schweitzer, C., Silva, P. R. F., Schmitt, A., Vargas, V. P., Casa, R. T., & Souza, C. A. (2011). Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(6), 609-616. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600006>
- Santos, H. G., Jacomine P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp.
- 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 Ciências do Solo*, 34(4), 1185-1194. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400018>
- Silva, L. E. B., Silva, J. C. S., Souza, W. C. L., Lima, L. L. C., & Santos, R. L. V. (2020). Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura, *Diversitas journal*, 5(3), 1636-1657. [10.17648/diversitas-journal-v5i3-869](https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-869)
- Sousa, R., Carvalho, M., Silva, M. D., Gomes, S., Guimarães, W., & Araujo, A. (2015). Leituras de clorofila e teores de N em fases fenológicas do milho. *Colloquium Agrariae*, 11(1), 57-63. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1272>
- Souza, A. E., Reis, J. G. M., Raymundo, J. C., & Pinto, R. S. (2018). Estudo da produção de milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. *South American Development Society Journal*, 4(11), 182-194. <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i11p182-194>
- Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Andreotti, M., Benett, C. G. S., A. R. F. 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>
- Silva, A. G. B., 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, 2017.
- Vasconcellos, M. A. S., & Garcia, M. E. (2009). *Fundamentos de Economia*. 3ª ed. São Paulo: Editora Saraiva. 245 p.
- Vitto, D. C., Guimarães, V. F., Oliveira, P. S. R., Cecatto Júnior, R., Silva, A. S. L., & Hoscheid, A. R. S. (2022). Produção e produtividade de milho inoculado com *Asopirillum brasilense* fertilizado com cama de frango. *Nativa*, 10(4), 477-485. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i4.13141>

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/>).