

Fontes e doses de nitrogênio no milho em sucessão a soja nas várzeas tropicais do Tocantins

Sources and doses of nitrogen in maize in succession to soybeans in the tropical lowlands of Tocantins

Edmar Vinicius de Carvalho¹, Patricia Resplandes Rocha dos Santos², Luigi Zanfra Provenci³, Paulo Antônio Teles Melquiades⁴, Beatriz Gomes Ribeiro⁵

RESUMO: O objetivo foi avaliar fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho e em sucessão a soja, nas várzeas tropicais do Tocantins. Foram conduzidos dois ensaios na safra 2022/2023, diferenciados pela data de semeadura (17/09; 01/10) e híbrido (Semeali 8555; LG36799). Em cada ensaio, foram utilizadas duas fontes de nitrogênio (ureia prill; ureia protegida) e seis doses em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹), sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram realizadas avaliações da altura de plantas e do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), entre os estágios V7 e R1. A produtividade de grãos foi avaliada após a maturação fisiológica (R6). A análise de variância e de regressão e o teste de médias foram realizados com os dados de NDVI e produtividade de grãos, enquanto na análise multivariada foram acrescentados os de altura de plantas. As doses e fontes de nitrogênio não influenciaram os resultados de NDVI, que apresentou valor esperado ao longo do crescimento do milho. As doses de N em cobertura promoveram aumento da produtividade com doses ótimas variando entre 120 kg ha⁻¹ de N (11.710 kg ha⁻¹) e 160 kg ha⁻¹ de N (10.009 kg ha⁻¹).

Palavras-chave: NDVI; Nitrogênio; Produtividade; Ureia; *Zea mays* L.

ABSTRACT: The aim was to evaluate sources and doses of nitrogen, in the cultivation of corn and in succession to soybeans, in the tropical lowlands of Tocantins. They were conducted two field experiments in the 2022/2023 season, and they were differentiated by the sowing date (09/17; 10/01) and hybrid (Semeali 8555; LG36799). In each experiment, two nitrogen sources were used (Prill Urea; Protected Urea) and six topdressing doses (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹), with a randomized block design and four repetitions. The plant height and normalized difference vegetation index (NDVI) were carried out between stages V7 and R1. Grain yield was evaluated after physiological maturity (R6). The analysis of variance, the regression analysis and the test of means were performed with the NDVI and grain yield data, while in the multivariate analysis the plant height data were added. The nitrogen doses and sources studied did not influence the NDVI results, which showed the expected values throughout corn growth. Top dressing N doses promoted an increase in grain yield with optimal doses varying between 120 kg ha⁻¹ of N (11,710 kg ha⁻¹) and 160 kg ha⁻¹ of N (10,009 kg ha⁻¹).

Keywords: NDVI; Nitrogen; Urea; Yield; *Zea mays* L.

Autor correspondente: Edmar Vinicius de Carvalho
E-mail: edmar.carvalho@ifto.edu.br

Recebido em: 2024-04-14
Aceito em: 2025-12-02

¹ Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Professor Efetivo de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Lagoa da Confusão (TO), Brasil.

² Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Professora Substituta de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Lagoa da Confusão (TO), Brasil.

³ Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). Consultor Técnico de Vendas do Grupo Sinova, Gurupi (TO), Brasil.

⁴ Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Lagoa da Confusão (TO), Brasil.

⁵ Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). Assistente Técnica em Agronomia da Fazenda Dois Rios, Lagoa da Confusão (TO), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil e no Tocantins, mais de 77% do cultivo de milho é realizado em condições de segunda safra e, na sua maioria, em sucessão à cultura da soja (Conab, 2023). Esta espécie é originária da América Central (Sousa *et al.*, 2023), pertencente à família das Poáceas com metabolismo C4 e exige grandes quantidades de nitrogênio no seu crescimento e desenvolvimento (Cruz *et al.*, 2023).

A importância deste nutriente está relacionada ao fato de o nitrogênio ser constituinte importante das clorofilas, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos (Palheta *et al.*, 2021; Gaviraghi *et al.*, 2022). Ainda, diversos estudos demonstram o aumento de produtividade com a sua utilização (*i.e.* Albert *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2023; Weber *et al.*, 2023) e que revelam a relação direta com os incrementos de produtividade (Palheta *et al.*, 2021).

De forma contrária, a deficiência de N, entre o início do florescimento e a formação dos grãos, prejudica a fase de enchimento de grãos em virtude da diminuição da translocação dos assimilados (Galindo *et al.*, 2017). Em outros estágios, o nutriente também é fundamental, tal como entre os estágios V9 e V12 (período de definição do potencial produtivo), e que reforçam a importância da disponibilidade nutricional no desenvolvimento vegetal (Aini *et al.*, 2023).

O fornecimento do nitrogênio, na cultura do milho, pode ser feito com sulfato de amônio, ureia convencional ou, mais recentemente, com uso de ureia revestida com polímeros ou com liberação controlada (Galindo *et al.*, 2017). Esta última possui inibidores enzimáticos, em específico da urease, e que diminuem as perdas por volatilização (Mergener *et al.*, 2022; Silveira *et al.*, 2022) e promovem maior eficiência nutricional (Valderrama *et al.*, 2014).

No entanto, o uso de estratégias com maior eficiência do nitrogênio, que contribuem para a redução de perdas e menor contaminação do ambiente (Silveira *et al.*, 2022), é precedida pela realização de pesquisas de campo para validação das informações. Estudos que são realizados anualmente em virtude de que as condições de solo e de clima influenciam na eficiência do manejo de adubação (Valderrama *et al.*, 2014).

Deste modo, e diante da necessidade de obter resultados em condições de sucessão a produção de sementes de soja nas várzeas tropicais, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar a adubação nitrogenada na cultura do milho, com uso de duas fontes e seis doses de nitrogênio em cobertura na região da Lagoa da Confusão-TO.

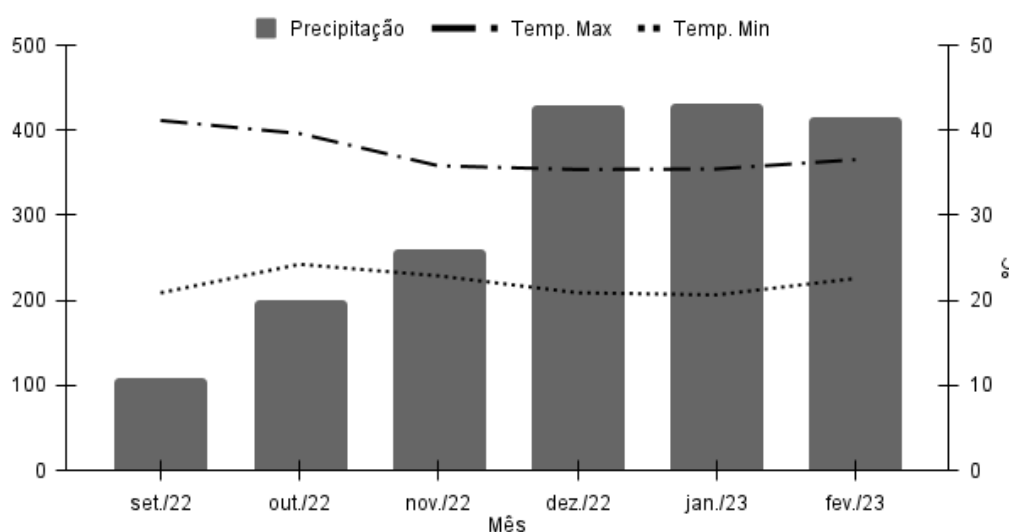
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na safra 2022/2023, foram realizados dois ensaios na região das várzeas tropicais do Tocantins e em sucessão ao cultivo de soja para a produção de sementes, no município de Lagoa da Confusão - TO. A análise de solo, na camada de 0,0-0,20 m, foi realizada com objetivo de conhecer a situação atual e adotar estratégias para correção do solo (Tabela 1), com o solo sendo classificado como Plintossolo Argilúvico eutrófico.

Tabela 1. Análise de Solo, na camada de 0,0-0,20 m, de milho, safra 22/23, Lagoa da Confusão – TO

Ensaio	pH (CaCl ₂)	P (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	H+Al (cmol dm ⁻³)	CTC (cmol dm ⁻³)	M.O. (g dm ⁻³)	V (%)	Argila (%)
1	5,4	19,0	26,0	2,10	6,70	23,0	60	35
2	5,4	6,0	9,90	2,99	8,80	32,0	65	42

O clima da região é do tipo C2wA'a'' - úmido subúmido com moderada deficiência hídrica, segundo a classificação de Köppen (Sefaz, 2019). Durante o período dos ensaios, foram coletados dados de temperatura e precipitação por meio de consulta à base de dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), e que estão representados na Figura 1.

**Figura 1.** Dados climatológicos obtidos durante os ensaios de milho, safra 22/23, Lagoa da Confusão – TO. Fonte: Agritempo (2023).

Nos dois ensaios, diferenciados pela data de semeadura e material genético utilizado, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 6 x 2 (seis doses de nitrogênio em cobertura e duas fontes de nitrogênio), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. Para a área útil da parcela foram desconsiderados 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas extremas. O número de plantas, após o desbaste, foi ajustado para 60.000 plantas por hectare.

As doses de nitrogênio em cobertura utilizadas foram 0, 40 e 80 kg por hectare; aplicadas na entrelinha e em dose única entre os estágios V4-V6, e de 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ aplicadas de forma parcelada (50% - V4-V6 e 50% - V6-V8), considerando a recomendação técnica para a região. Além das doses, o outro fator estudado foi a fonte de nitrogênio na cobertura, testando-se a Ureia Prill (45% N) e a Ureia Protegida (46% N).

A semeadura foi realizada em 17/09/2022 (Ensaio 1) e em 01/10/2022 (Ensaio 2), de acordo com o adotado na região e após a colheita da soja, utilizando os híbridos Semeali 8555 (Ensaio 1) e LG36799 (Ensaio 2). Os demais tratos culturais (manejo de pragas, doenças e plantas daninhas) foram efetuados conforme necessário, seguindo as recomendações técnicas da cultura do milho (Fancelli e Dourado-Neto, 2000).

Entre os estágios V7 e R1 de desenvolvimento da cultura foram coletados dados semanais de altura de plantas e do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI). A altura das plantas (AP), em centímetros, considerando a distância entre o solo e a ápice da planta ou a folha bandeira (quando em florescimento), foi mensurada com base na medida de cinco plantas marcadas na área útil de cada parcela. O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) foi coletado com o uso do sensor GreenSeeker 505 Handheld Sensor (Trimble Ltd.) e ao longo das duas fileiras centrais de cada parcela, com o sensor posicionado de 80 a 100 cm do dossel da cultura durante a passagem do equipamento, conforme descrito por Vian *et al.* (2021).

No estágio R6 de desenvolvimento (maturação fisiológica), foi realizada a colheita das plantas da área útil da parcela, que ocorreu no dia 28/01/2023 (Ensaio 1) e no dia 02/02/2023 (Ensaio 2), com avaliação da produtividade de grãos, convertida para kg ha⁻¹ e corrigida a 13% de umidade.

Nas análises estatísticas, realizadas de forma separada para cada ensaio, primeiramente foi aplicado o teste de normalidade nos dados, para verificação do atendimento aos pressupostos para as demais análises e da necessidade ou não de realização da transformação dos dados. Após, considerando os dados semanais de NDVI e de produtividade de grãos, foi realizada análise de variância ($p \leq 0,05$) em blocos ao acaso e no esquema fatorial 6x2 (doses de N em cobertura e fonte de nitrogênio). Em sequência, os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura foram estudados por análise de regressão e a diferença entre as fontes de nitrogênio avaliada pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Adicionalmente, os dados de NDVI em função do tempo (crescimento vegetal) foram analisados por meio da análise de regressão, independente da dose e tipo de adubo nitrogenado.

Por fim, considerando os dados de altura de plantas, NDVI e produtividade de grãos de cada ensaio, foi realizada análise multivariada com base na matriz de correlação entre as variáveis e utilizando a análise de fatores seguindo os critérios descritos por Hair Junior *et al.* (2006) e Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010). A extração dos fatores foi feita pelo método dos componentes principais com uso da rotação *varimax* para estabelecimento das cargas fatoriais, como forma de verificar a associação entre as variáveis analisadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois ensaios, não foram observados efeitos significativos das doses de nitrogênio em cobertura e das fontes de nitrogênio no índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), independente do estágio de avaliação (Tabela 2). Resultado similar foi observado, com relação às fontes de nitrogênio (Ureia prill; Ureia protegida), na produtividade de grãos.

Em determinadas condições de clima e solo (altas precipitações, que favorecem as perdas por lixiviação, ou a alta fertilidade inicial do solo), os efeitos positivos do aumento das doses de adubo nitrogenado em cobertura podem não se manifestar na cultura do milho (Weber *et al.*, 2023). Resultado similar, da não influência do nitrogênio no NDVI, também foram encontrados por Scott *et al.* (2022) e Leitão *et al.* (2023). Estes últimos

autores destacaram que o resultado pode ter relação com a saturação da reflectância capturada pelo sensor e pela presença de plantas daninhas nas parcelas.

Tabela 2. Produtividade (Prod – kg ha⁻¹) e Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) do milho cultivado nas várzeas tropicais, em sucessão a soja, em função da fonte de nitrogênio (Ureia Prill e Ureia Protegida) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, no Tocantins

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Prod* (kg ha ⁻¹)	Ensaio 1				
		NDVI**				
		V7	V9	V11	V14	R1
0	8.370 c	0,47 a	0,67 a	0,70 a	-	0,82 a
40	9.047 b	0,50 a	0,69 a	0,70 a	-	0,82 a
80	9.308 b	0,48 a	0,68 a	0,70 a	-	0,83 a
120	9.178 b	0,48 a	0,69 a	0,71 a	-	0,82 a
160	10.009 a	0,50 a	0,69 a	0,68 b	-	0,83 a
200	10.341 a	0,53 a	0,69 a	0,70 a	-	0,82 a
Fonte de N						
Uréia Protegida	9.398 a	0,51 a	0,68 a	0,70 a	-	0,82 a
Uréia Prill	9.353 a	0,48 a	0,69 a	0,70 a	-	0,82 a
CV (%)	5,72	7,03	2,74	1,73	-	2,10
Doses de N (kg ha ⁻¹)	Prod* (kg ha ⁻¹)	Ensaio 2				
		NDVI**				
		V7	V9	V11	V14	R1
0	10.711 b	0,50 a	0,72 a	0,74 a	0,78 a	0,75 a
40	10.976 b	0,50 a	0,73 a	0,75 a	0,78 a	0,74 a
80	11.060 b	0,49 a	0,74 a	0,75 a	0,79 a	0,76 a
120	11.710 a	0,50 a	0,74 a	0,75 a	0,79 a	0,77 a
160	11.590 a	0,49 a	0,73 a	0,75 a	0,79 a	0,76 a
200	11.931 a	0,51 a	0,74 a	0,75 a	0,79 a	0,76 a
Fonte de N						
Uréia Protegida	11.270 a	0,50 a	0,73 a	0,75 a	0,78 a	0,76 a
Uréia Prill	11.389 a	0,50 a	0,73 a	0,75 a	0,79 a	0,75 a
CV (%)	6,00	6,42	1,80	1,89	1,76	3,05

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott. CV = coeficiente de variação. *Ajuste de regressão linear em função das doses de N em cobertura. **Ajustes de regressão em função do crescimento vegetal presentes na Figura 3.

Entretanto Tamás *et al.* (2023), verificaram aumento do NDVI com a elevação do fornecimento do nitrogênio a cultura do milho e acrescentaram que este índice é influenciado pela adubação, manejo do solo, híbrido e estágio de desenvolvimento da planta. Além destes fatores, Jiang *et al.* (2023) mencionam a influência da densidade de plantas no NDVI.

Os resultados observados quanto ao não efeito das fontes de nitrogênio na produtividade e no NDVI também foram observados por outros autores na cultura do milho (Weber *et al.*, 2023). De forma contrária Castro *et al.* (2023) encontraram diferença entre as fontes de adubo nitrogenado, e no parcelamento, na produtividade da cultura do milho e destacaram que o uso de adubos protegidos pode ser vantajoso quando parcelado em determinadas condições de clima e solo.

Em relação ao efeito das doses de nitrogênio em cobertura na produtividade de grãos, nos dois ensaios a resposta foi linear (Figura 2; $R^2 = 0,91^{**}$), com aumento da

produtividade em função do aumento das doses de nitrogênio. Entretanto, ao comparar as médias pelo teste Scott-Knott, as doses de 160 (10.009 kg ha⁻¹) e 120 kg ha⁻¹ (11.710 kg ha⁻¹) foram superiores as doses menores, sem diferença estatística entre elas, respectivamente nos ensaios 1 e 2 (Tabela 2).

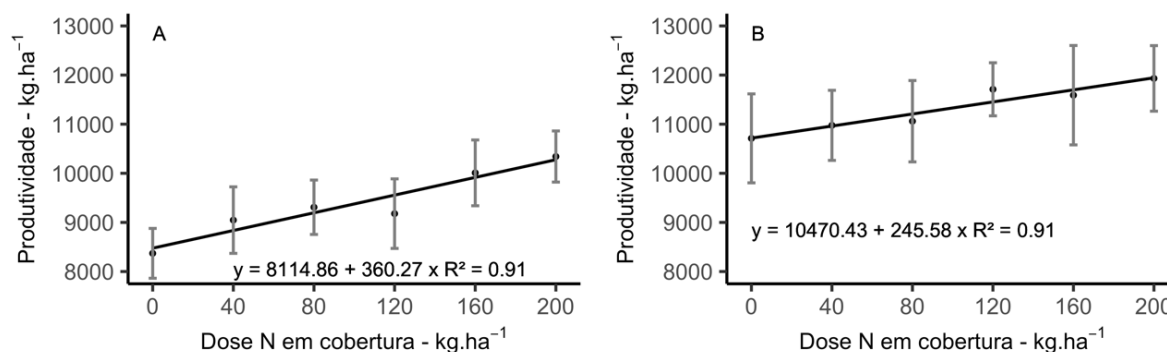


Figura 2. Produtividade do milho cultivado nas várzeas tropicais, em sucessão à soja, em função da fonte de nitrogênio (Ureia Prill e Ureia Protegida) e das doses de nitrogênio em cobertura, no Tocantins: (A) Ensaio 1 / Híbrido Semeali 8555; (B) Ensaio 2 / Híbrido LG36799

O nitrogênio é componente importante da estrutura de diversas moléculas vegetais, tais como aminoácidos, DNA, RNA, clorofila e enzimas (Weber *et al.*, 2023). Neste sentido, em estudo realizado na região de Jataí-GO, Cadore *et al.* (2023) relatam a necessidade da adubação de cobertura com nitrogênio no cultivo de milho, porém nas condições de estudo, as doses de 35 e 70 kg ha⁻¹ não foram suficientes para promover aumentos de produtividade. Em adição, outros resultados de pesquisa revelam resultados positivos do uso da adubação nitrogenada na produtividade de grãos (*i.e.* Albert *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2023; Weber *et al.*, 2023), tal como observado no presente estudo.

Em relação as doses de nitrogênio que proporcionam as máximas produtividades, Albert *et al.* (2023) encontraram respostas lineares até 300 kg ha⁻¹ e quadráticas, com ponto de máxima aplicando-se 174 kg ha⁻¹ ou 142 kg ha⁻¹, em função do local de cultivo. De forma similar, Carvalho *et al.* (2023) observaram resposta linear com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ (Lagoa da Confusão-TO – monocultivo) ou ausência do efeito nitrogênio na produtividade da cultura milho (Palmas-TO – área com histórico de sucessão soja-milho). Zuffo *et al.* (2022) observam produtividades máximas do milho em cultivo de safrinha com o uso de 123 kg ha⁻¹ de N (NS50PRO) e 102 kg ha⁻¹ de N (Invictus Viptera 3).

Resultados que demonstram a dificuldade da generalização de recomendações de adubação nitrogenada na cultura do milho (Burns *et al.*, 2023) e a necessidade de estudos regionais, em específico nas condições de várzea tropical para recomendação adequada do nitrogênio. Em outras palavras, a dose de nitrogênio irá variar com a demanda vegetal, a fertilidade do solo, as perdas decorrentes por lixiviação e/ou volatilização (Silva *et al.*, 2023), e o sistema de produção e o cultivar (Zuffo *et al.*, 2022).

Weber *et al.* (2023), avaliaram a cultura no milho em condições de safra com uso de plantio direto no Rio Grande do Sul, observaram produtividade média de 9.016 kg ha⁻¹. No Sudoeste de Goiás e sob condições de segunda safra, Albert *et al.* (2023) observaram produtividade máxima de 8.223 kg ha⁻¹, na cultura do milho. Zuffo *et al.* (2022), em áreas de cerrado no Mato Grosso do Sul, encontraram produtividades máximas, no cultivo de

milho em segunda safra, de 7.542 e 7.215 kg ha⁻¹, em função do cultivar utilizado. Ao comparar com a produtividades observadas no presente estudo, verifica-se o potencial de produção do cultivo de milho na região das várzeas tropicais e em sucessão a soja com valores máximos acima de 10.000 kg ha⁻¹ de grãos.

Os dados de NDVI em função do estágio de avaliação (tempo) não apresentaram interação significativa entre as doses e fontes de nitrogênio (dados não mostrados), sendo analisados de maneira independente. Desta forma, ao analisar os resultados obtidos, o índice de vegetação normalizada, da cultura do milho avaliada nas condições das várzeas tropicais, apresentou ajuste de regressão quadrática (Figura 3; $R^2 = 0,97^{**}$ - Ensaio 1; $R^2 = 0,93^{**}$ - Ensaio 2), com os valores máximos obtidos (0,72 - Ensaio 1; 0,80 - Ensaio 2) nas avaliações anteriores ao florescimento feminino (R1).

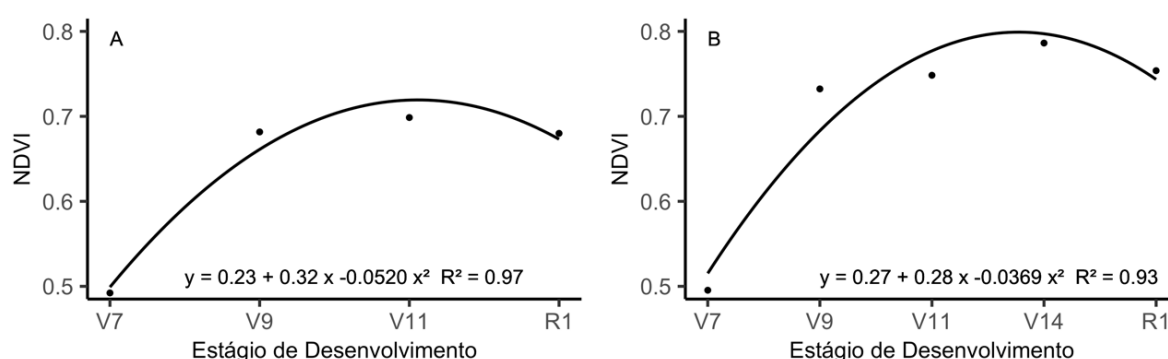


Figura 3. Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) do milho cultivado nas várzeas tropicais em sucessão à soja, em função do estágio reprodutivo, independente da fonte de nitrogênio e das doses de nitrogênio em cobertura, no Tocantins: (A) Ensaio 1 / Híbrido Semeali 8555; (B) Ensaio 2 / LG36799

Segundo Tamás *et al.* (2023), o NDVI pode ser utilizado para verificar as respostas espectrais das plantas em diferentes estágios de desenvolvimento e que tem influência da biomassa vegetal e do ambiente. Em relação ao crescimento e desenvolvimento do milho, as respostas observadas no presente trabalho foram similares às encontradas por outros autores.

Por exemplo, Leitão *et al.* (2023) observaram menores valores no início de desenvolvimento da cultura. Tamás *et al.* (2023) verificaram valores máximos 90 dias após a semeadura e decréscimo após este período e que coincidiu com o florescimento masculino e feminino (VT-R1). Scott *et al.* (2022) observaram aumento do NDVI até 72 dias após a semeadura e concluíram que este índice pode ser usado como indicador nutricional antes do florescimento, diferente do observado no presente trabalho em que esta característica não teve influência das doses e fontes estudadas.

As matrizes de correlação são utilizadas nas análises multivariadas e tem o objetivo de agrupar características em componentes principais, com a relação entre as variáveis sendo maior dentro do componente principal do que entre eles (Hair Junior *et al.*, 2006). Os resultados desta análise, nos dois ensaios, estão presentes na Tabela 3 e revelam a extração de três componentes principais que explicam 82,9% (Ensaio 1) e 80,6% (Ensaio 2) da variação dos dados.

Nos dois ensaios, a produtividade foi agrupada em componente principal distinto da altura de plantas e do NDVI e que revela a baixa relação com estas características, nas

condições experimentais. No Tocantins, Carvalho *et al.* (2023) observaram correlação de atributos agrônômicos com a produtividade, porém, sem observar correlação desta característica com a qualidade fisiológica das sementes.

De maneira contrária, Burns *et al.* (2022) observaram correlação dos índices de vegetação com a produtividade, principalmente quando as avaliações foram realizadas em estágios mais avançados da planta. Neste sentido, Leitão *et al.* (2023), Tamás *et al.* (2023) e Zhao *et al.* (2023) encontraram maiores correlações do NDVI com a produtividade de grãos milho, quando a avaliação do índice foi realizada no florescimento. Estes resultados demonstram a influência das condições de cultivo e do material genético utilizado na associação das variáveis estudadas, como demonstrado por Carvalho *et al.* (2018).

Tabela 3. Autovalores da produtividade, altura de plantas (AP) e Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) do milho em cultivo nas várzeas tropicais, em sucessão à soja, em função fonte de nitrogênio (ureia prill e ureia protegida) e doses de nitrogênio em cobertura, no Tocantins

Característica	Ensaio 1		
	CP1	CP2	CP3
Produtividade	-	-	0,94
AP - V7	0,79	-	-
AP - V9	0,92	-	-
AP - V11	0,88	-	-
AP - R1	0,80	-	-
NDVI - V7	-	0,95	-
NDVI - V9	-	0,82	-
NDVI - V11	-	-0,96	-
Autovalor	2,99	2,58	1,07
%Variância	37,4	32,2	13,3
Característica	Ensaio 2		
	CP1	CP2	CP3
Produtividade	-	0,95	-
AP - V7	-0,72	-	-
AP - V9	-0,90	-	-
AP - V11	-0,85	-	-
AP - V14	-0,72	-	-
NDVI - V7	-0,84	-	-
NDVI - V14	-	-	-0,99
Autovalor	3,27	1,30	1,08
%Variância	46,7	18,6	15,3

CP = componente principal. V7, V9, V11 e V14 = estágios vegetativos da cultura do milho. R1 = estágio reprodutivo feminino do milho.

Em relação à altura de plantas, foi possível verificar que os resultados em cada estágio de avaliação foram agrupados no mesmo componente principal, nos dois ensaios. Resultado similar foi observado no NDVI, quando avaliado no Ensaio 1, e que demonstram que as avaliações podem ser realizadas no início do desenvolvimento da cultura ou próximas ao florescimento feminino para identificação do efeito dos tratamentos em estudo.

4 CONCLUSÃO

O NDVI não se mostrou um indicador do status nutricional da planta, sob as condições de cultivo. Entretanto, apresentou padrão de resposta esperado ao longo do crescimento do milho, com máximos valores próximos ao florescimento. As fontes de nitrogênio não promoveram influência significativa na produtividade da cultura milho, sob condições de várzea tropical e em sucessão a soja. No entanto, as doses de N em cobertura promoveram aumento da produtividade com doses ótimas variando entre 120 e 160 kg ha⁻¹. Por fim, as variáveis mensuradas durante o crescimento vegetal (NDVI e Altura de Plantas) não apresentaram correlação com a produtividade de grãos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO) pelo fomento e apoio para a execução da pesquisa, as propriedades rurais que disponibilizaram as áreas e insumos para instalação e condução dos ensaios, bem como a empresa ITUAGRO.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Agritempo: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=TO>. Acesso em: 24 set. 2023.

AINI, N.; YAMIKA, W. S. D.; KURNIASARI, N.; NUGROHO, A.; AINI, L. Q. The effect of halotolerant bacteria isolated from saline soil on growth and yield of maize in saline soil. **Journal of Degraded and Mining Lands Management**, Malang, v. 10, n. 3, p. 4341-4747, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2023.103.4341>.

ALBERT, A. M. CASTOLDI, G.; RODRIGUES, C. R.; CAVALCANTE, T. J.; NOGUEIRA, M. M.; FONSECA, A. O. Nitrogen management in second-crop maize in Southwestern Goiás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 47, p. e011022, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202347011022>.

BURNS, B. W.; V.; GREEN, V. S.; HASHEM, A. A.; MASSEY, J. H.; SHEW, A. M.; ARLENE, M.; ADVIENTO-BORBE, M. A. A.; MILAD, M. Determining nitrogen deficiencies for maize using various remote sensing indices. **Precision Agriculture**, Tjele, v. 23, p. 791-811, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09861-4>.

CADORE, R.; COSTA NETTO, A. P.; REIS, E. F.; CRUZ, S. C. S.; SMANIOTTO, A. O.; LIMA, T. P.; ROSSATO, M. D' ABADIA, A. C. A. Application of *Azospirillum brasilense*

and nitrogen in topdressing corn hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 10, n. 1, e7055, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v10i1.7055>.

CARVALHO, E. V.; SANTOS, P. R. R.; PROVENCI, L. Z.; RIBEIRO, B. G.; SOUZA, L. N. Adubação nitrogenada no cultivo do milho safrinha em duas regiões no Tocantins. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 22, n. 4, p. 563-571, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712242023563>.

CARVALHO, E. V. AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; COLOMBO, G. A.; DOTTO, M. A. Análise de trilha e variação genética na cultura do milho em condições de cerrado. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 14, n. 2, p. 13-23, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n2.a202>.

CASTRO, T. S. ROCHA, P. R. R.; BARRETO, G. F.; MAIA, S. S.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F. Stabilized urea for maize grown on an Amazonian Cerrado soil. **Agronomy Journal**, Nova Iorque, v. 116, n. 1, p. 326-338, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21485>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira, 2023**. CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em 25 de set. 2023.

CRUZ, D. R. SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; FERREIRA, E. P. B.; Use of multifunctional microorganisms in corn crop. **Revista Caatinga (Online)**, Mossoró, v. 36, n. 2, p. 349-361, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n212rc>.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinão pública**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>.

GALINDO, F. S. TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; TARSITANO, M. A. A.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ALVES, C. J.; ARF, O. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina Ciências Agrárias (Online)**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 1749-1764, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p1749>.

GAVIRAGHI, L.; BASSO, C. J.; SANGIOVO, M. J. R.; SILVA, D. R. O.; FELTES, J. D.; SOUZA, F. M. Fontes de nitrogênio associadas a *Azospirillum brasilense*: impacto sobre o crescimento e a produtividade do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 45, n. 3, p. 116-124, 2022. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.27168>.

HAIR JUNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006.

JIANG, Y.; WEI, H.; HOU, S.; YIN, X.; WEI, S.; JIANG, D. Estimation of Maize Yield and Protein Content under Different Density and N Rate Conditions Based on UAV Multi-Spectral Images. **Agronomy**, Basel, v. 13, n. 2, e421, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020421>.

LEITÃO, D. A. H.; SIDHU, S. S.; GRIFFIN, W. D.; AHMAD, U.; SHARMA, L. K. Irrigated corn grain yield prediction in Florida using active sensors and plant height. **Smart Agricultural Technology**, Amsterdam, v. 5, e1000276, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100276>.

MERGENER, R. A.; SANGOI, L.; COELHO, A. E. Productivity and profitability of maize as affected by nitrogen sources and rates. **Semina. Ciências Agrárias (Online)**, Londrina, v. 43, n. 4, p. 1457-1468, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1457>.

PALHETA, J. C.; OKUMURA, R. S.; ALBUQUERQUE, G. D. P.; SOUSA, D. J. P.; TEIXEIRA, J. S. S.; Myriam Galvão NEVES, M. G.; LOPES FILHO, W. R. L.; SOUZA, L. C.; OLIVEIRA NETO, C. F. Sources and Doses of Nitrogen Associated with Inoculation with *Azospirillum brasilense* Modulate Growth and Gas Exchange of Corn in the Brazilian Amazon. **International Journal of Agriculture and Biology**. Paquistão, v. 26, n. 2, p. 349-359, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1843>.

SCOTT, D. A.; JOHNSON, J. M. F.; GESCH, R. W. Cover crop and nitrogen rate management practices influence corn NDVI and nitrogen content. **Agronomy Journal**, Nova Iorque, v. 114, n. 4, p. 2473-2483, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21085>.

SECRETARIA DA FAZENDA E PLANEJAMENTO. **Regionalização Climática**. Governo do Tocantins, SEFAZ, 2019. Disponível em: <http://www.sefaz.to.gov.br/>. Acesso em: 24 set. 2023.

SILVA, A. R. P.; DIAS, A. R. P.; RUFINO, J. P. F.; SILVA, E. M.; MACEDO, B. L.; TADEU, H. C. Agronomic characteristics of two corn (*Zea mays*L.) varieties subjected to topdressing fertilization using different levels of nitrogen and potassium in Amazonas, Brazil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 16, n.1, e9593, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n1e9593>.

SILVEIRA, P. M.; NASCENTE, A. S.; CARVALHO, M. C. S. Productivity of corn and beans as affected by season and source of nitrogen. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 18, n. 2, p.61-69, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5747ca.2022.v18.n2.a489>.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, A. P. A.; LESSA, C. I. N.; SOUZA, M. V. P.; GUILHERME, J. M. S.; GOES, G. F.; ALVES, F. G. S.; GOMES, S. P. *Bacillus aryabhattai* Mitigates the Effects of Salt and Water Stress on the Agronomic Performance of Maize under an Agroecological System. **Agriculture**, Basel, v. 13, e.1150, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13061150>.

TAMÁS, A.; KOVÁCS, E.; HORVÁTH, E.; JUHÁSZ, C.; RADÓCZ, L.; RÁTONYI, T.; RAGÁN, P. Assessment of NDVI Dynamics of Maize (*Zea mays* L.) and Its Relation to Grain Yield in a Polyfactorial Experiment Based on Remote Sensing. **Agriculture**, Basel, v. 13, n. 3, e689, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030689>.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias (Online)**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 659-670, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679.0359.2014v35n2p659>.

VIAN, A. L. BREDEMEIER, C.; DRUM, M. A.; PIRES, J. L. F.; FOCHESSATTO, E. Vegetation sensors as a tool for plant population identification and corn grain yield estimation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, e66926, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5166926>.

WEBER, W.C. SCHMELING, J. B.; SOUZA, E. L.; LANZANOVA, M. E.; SILVA, D. M.; REDIN, M. Produtividade de milho e custo da aplicação em cobertura de fertilizantes nitrogenados. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 22, n. 2, p. 186-193, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712222023186>.

ZHAO, X.; WANG, S.; WEN, T.; XU, J.; HUANG, B.; YAN, S.; GAO, G.; ZHAO, Y.; LI, H.; QIAO, J.; YANG, J.; WU, L.; WANG, H.; LIU, T.; YUAN, X. On correlation between canopy vegetation and growth indexes of maize varieties with different nitrogen efficiencies. **Open Life Sciences**, Polônia, v. 18, n. 1, e20220566, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0566>.

ZUFFO, A. M. RATKE, R. F.; AGUILERA, J. G.; GOES, R. J.; STEINER, F.; MARTINS, W. C.; SILVA, J. X.; GONÇALVES, E. A. Nitrogen response of two corn cultivars grown alone or intercropped in a soybean succession system in the Brazilian cerrado. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 46, n. 7, p. 1354-1367, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2061356>.