

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso em Engenharia Agrônômica

WAGNER DE FREITAS POGERE

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM HÍBRIDO SIMPLES DE MILHO NO
CONE SUL DE RONDÔNIA**

COLORADO DO OESTE

2026

WAGNER DE FREITAS POGERE

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM HÍBRIDO SIMPLES DE MILHO NO
CONE SUL DE RONDÔNIA**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, sob a orientação do professor Murilo Vargas da Silveira.

COLORADO DO OESTE

2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Pogere, Wagner de Freitas.

Adução nitrogenada e potássica em híbrido simples de milho no Cone Sul de Rondônia / Wagner de Freitas Pogere. - Colorado do Oeste, 2026.

21 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Murilo Vargas da Silveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2026.

1. Foliar. 2. Nutrição. 3. Interação. 4. Produtividade. 5. *Zea mays* L.. I. Silveira, Murilo Vargas da (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

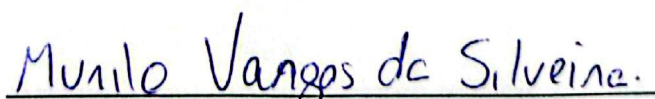
**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM HÍBRIDO SIMPLES DE MILHO NO
CONE SUL DE RONDÔNIA**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Colorado do Oeste* como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Murilo Vargas da Silveira.

Aprovado em: 16/06/2026 pela banca examinadora.


Matheus Martins Ferreira


Dieini Melissa Teles dos Santos


Murilo Vargas da Silveira



**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM HÍBRIDO SIMPLES DE MILHO
NO CONE SUL DE RONDÔNIA**

*NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION IN SIMPLE CORN HYBRID IN THE
SOUTHERN CONE OF RONDÔNIA*

Wagner de Freitas Pogere

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-4603-9036>

E-mail: wagnerpogere@gmail.com

Eduarda Elis Anjos Oliveira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8042-3033>

E-mail: eduardafaculdade847@gmail.com

Eduardo Miranda Ferreira Silva

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2368-2559>

E-mail: eduardomfs07@gmail.com

Gabriel Monteiro Paulino

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-8946-2891>

E-mail: gabrielmonteirop21@gmail.com

Murilo Vargas da Silveira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0376-6509>

E-mail: murilo.silveira@ifro.edu.br

Matheus Martins Ferreira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4555-7852>

E-mail: math.ferreira10@yahoo.com.br

Submetido: 11 out. 2025

Aprovado: 8 maio 2026

Publicado: 18 maio 2026

E-mail para correspondência:

wagnerpogere@gmail.com



Resumo: Diante da crescente demanda e importância do milho, é de suma importância atingir o máximo potencial produtivo da cultura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de híbrido simples de milho em resposta a diferentes doses de nitrogênio (N) e potássio (K) no Cone Sul de Rondônia. Os tratamentos consistiram em cinco doses de N e K (0, 50, 100, 200, 400 kg ha⁻¹), aplicados em cobertura. As características de crescimento da planta foram responsivas à adubação com nitrogênio. Foi observada diferenças significativas apenas para as doses de N nos componentes de rendimento. A dose de máxima produtividade foi de 266 kg de N, atingindo 11445,78 kg ha⁻¹. A interação das doses crescentes de N e K afetaram negativamente o teor foliar de Ca, Mg e B na folha.

Palavras-chave: foliar; nutrição; interação; produtividade; *Zea mays* L.

Abstract: Given the growing demand and importance of corn, achieving the crop's maximum production potential is crucial. This study aimed to evaluate the productivity of a simple corn hybrid in response to different nitrogen (N) and potassium (K) rates in the Southern Cone of Rondônia. Treatments consisted of five topdressing rates of N and K (0, 50, 100, 200, and 400 kg ha⁻¹). Plant growth characteristics responded to nitrogen fertilization. Significant differences were observed only for N rates in yield components. The maximum agronomically efficient rate found was 266 kg of N, achieving a productivity of 11,445.78 kg ha⁻¹. The interaction of increasing N and K rates negatively affected the foliar contents of Ca, Mg, and B.

Keywords: foliar; nutrition; productivity; Interaction; *Zea mays* L.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é originário do continente americano, mais precisamente do Sul do México, onde é cultivado desde de aproximadamente 10000 anos atrás. É uma cultura que vem sendo usada como alimento por várias civilizações importantes durante séculos (Kerchner *et al.*, 2024).

Na alimentação animal, o milho é uma das principais matérias-primas utilizada na composição das dietas. A cultura também vem ganhando cada vez mais espaço na indústria de biocombustíveis, contribuindo para a produção de etanol e biodiesel (Ramos *et al.*, 2024).

A produção global de milho na safra 2023/2024 foi de 1,23 bilhões de toneladas, tornando o cereal mais produzido no mundo todo, sendo o Brasil responsável por 119 milhões de toneladas, ocupando o 3º lugar na produção mundial atrás dos Estados Unidos e China (USDA, 2025). O Brasil possui uma área cultivada de quase 22 milhões de hectares e produtividade média de 6,3 toneladas de milho (Conab, 2025).

Para produzir cerca de 3,65 toneladas de milho são necessários 77 kg de nitrogênio (N), 83 kg de potássio (K), 10 kg de magnésio (Mg), 9 kg de fósforo (P), 10 kg de cálcio (Ca).



O N e o K são os elementos mais requeridos pela cultura e os que mais influenciam no aumento da produtividade (Bayer, 2022).

O nitrogênio (N) é um dos principais componentes de compostos orgânicos, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Sua deficiência provoca um déficit no desenvolvimento fenológico nas fases vegetativa e reprodutiva da planta. Nesse sentido, a aplicação na dose certa e nos estádios fenológicos corretos pode proporcionar um aumento na produção de biomassa da planta, e no rendimento de grãos, interagindo com as características morfológicas da planta (Fathi, 2022).

O potássio (K) é um macronutriente indispensável ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas. O elemento participa de diversos processos fisiológicos essenciais, como a osmorregulação, a manutenção do equilíbrio iônico, a ativação de enzimas e o transporte de compostos resultantes da fotossíntese. A disponibilidade adequada de K, associada ao seu uso eficiente, influencia diretamente a produtividade, além de contribuir para a resistência das plantas a estresses (Zhang *et al.*, 2023).

A interação entre N x K afeta o processo de desenvolvimento da cultura e produção de grãos. O nitrogênio gera um aumento de carbono e na reserva de nutrientes. Por sua vez o potássio gera um aumento dos açúcares e influencia no transporte de produtos da fotossíntese para toda a planta, permitindo a produção adequada de amido (Shu *et al.*, 2024). Em um estudo feito por Maccari *et al.* (2021), são necessários experimentos que definem uma curva crítica de K, partindo de faixas de adubação com N e K. Segundo eles, a relação entre K e N provavelmente afeta a concentração dos mesmos na parte aérea da planta.

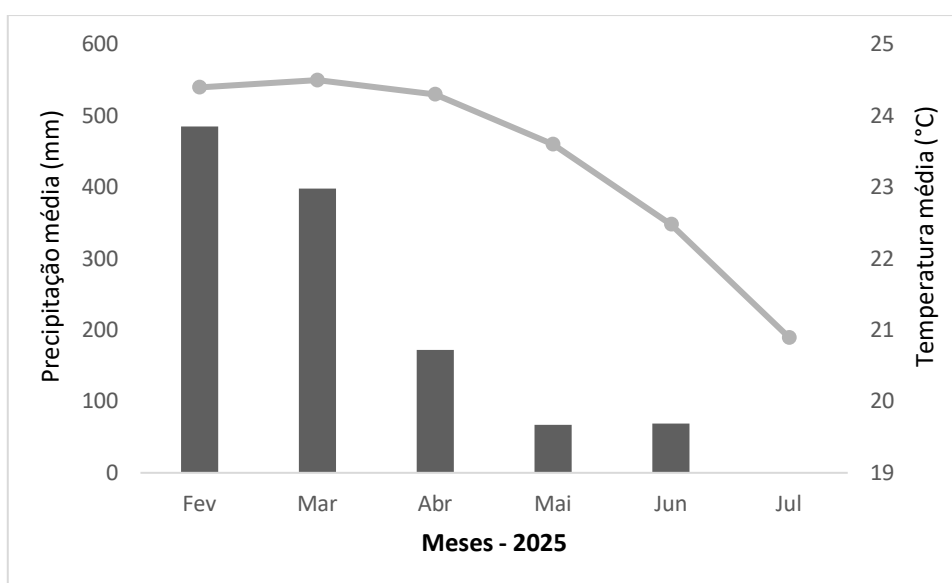
Metodologia

O experimento foi conduzido no município de Colorado do Oeste, RO (13°17'38.9"S 60°42'53.9"W). Quanto ao clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (clima tropical com inverno seco) (Beck *et al.*, 2018). O solo da região é classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico (PVAe) (Santos *et al.*, 2018). Quanto a química do solo a amostragem antes dos tratamentos na camada de 0-20 cm apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 6,75; MO = 31,16 g kg⁻¹; P = 6 mg dm⁻³; K= 97,79 mg dm⁻³; Ca = 3,56 cmol dm⁻³; Mg = 0,75 cmol dm⁻³; Al = 0,0 cmol dm⁻³; H+Al = 2,92 cmol dm⁻³; CTC= 7,49 cmol dm⁻³ e V= 61%; e argila 388 g kg⁻¹. Para camada mais profunda de 20-40: pH (H₂O) = 5,46; MO = 21,46 g kg⁻¹; P = 2,1 mg dm⁻³; K= 60,63 mg dm⁻³; Ca = 1,25 cmol dm⁻³; Mg =

0,38 cmol dm⁻³; Al = 0,095 cmol dm⁻³; H+Al = 3,78 cmol dm⁻³; CTC= 5,58 cmol dm⁻³ e V= 32%; e argila 432 g kg⁻¹.

Os dados meteorológicos (temperatura e precipitação pluviométrica) durante todo o período de condução do experimento foram coletados da estação meteorológica situada nas coordenadas 13°07'09.5"S 60°29'25.1"W (Figura 1).

Figura 1 - Dados médios de temperatura e precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento da cultura.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O delineamento experimental estabelecido foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 5, com 3 repetições, totalizando 75 parcelas. Os Tratamento foram compostos por cinco doses de potássio e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e N), utilizando como fontes o cloreto de potássio (60% K₂O) e a uréia (46% de N). Cada parcela foi composta por 11 linhas de 7 metros; as duas linhas laterais de cada parcela e 1 metro de cada extremidade foi considerada bordadura, totalizando 15,75 m² de área útil por parcela.

A semeadura do milho foi realizada na segunda quinzena de fevereiro no dia 16 do ano de 2025, em sistema de semeadura direta, sobre palhada da soja anteriormente dessecada. Adotou-se o espaçamento de 0,45m entre linhas e população de 2,8 plantas metro⁻¹ totalizando 62.222 plantas ha⁻¹, utilizando sementes do híbrido simples LG 36750. Não houve adubação no sulco de semeadura. A fim de promover variação no estado nutricional



das culturas avaliadas, foi aplicado em cobertura diferentes doses de fertilizantes potássicos e nitrogenados.

As aplicações das doses de K e de N foram realizadas metade no estágio fenológico V2 para V3 e metade em V5 para V6. Para acompanhamento dos estádios de desenvolvimento da cultura foi adotada a escala proposta por Ritchie et al. (1993).

O primeiro manejo fitossanitário ocorreu 10 dias após a semeadura, com a aplicação de *Beauveria bassiana* 0,1 kg ha⁻¹ e Metomil 1 L ha⁻¹. Posteriormente, 9 dias depois da primeira aplicação foram aplicados os herbicidas Glifosato 1,5 kg ha⁻¹ e ATRAZINA 2 L ha⁻¹, juntamente com os inseticidas etiprole 0,75 L ha⁻¹, e *Beauveria bassiana* 0,1 kg ha⁻¹. O primeiro fungicida foi feito 34 dias após o plantio utilizando Azoxistrobina + Tebuconazol 0,5 L ha⁻¹; juntamente com os inseticidas Acetamiprido + Lambda-cialotrina 0,3 L ha⁻¹ e *Beauveria bassiana* 0,1 kg ha⁻¹. A segunda aplicação de fungicida foi realizada 11 dias pós a primeira com Trifloxistrobina + Tebuconazol 0,6 L ha⁻¹, acompanhado do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina 1,2 L ha⁻¹.

A primeira coleta de dados foi feita no momento em que as plantas atingiram o estágio R1, coletando a folha abaixo e oposta à espiga considerada a folha índice da planta, com objetivo de quantificar o teor de nutrientes presentes na folha como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco seguindo modelo de Veloso *et al.* (2020). Neste mesmo estágio a avaliação de características morfológicas foi realizada, coletando dados como altura de planta, altura de inserção da espiga, e diâmetro de colmo.

Quando as plantas atingiram maturação fisiológica, realizou-se a colheita manual das plantas, selecionando 10 m lineares das duas linhas centrais da parcela, e coletando 20 espigas seguindo modelo proposto por Toebe *et al.* (2014), para avaliação de produtividade. Posteriormente foi realizada a contagem de grãos por fileira, número de fileiras, que a partir da multiplicação destes dois obtém-se a quantidade estimada de grãos por espiga, massa de mil grãos e em seguida o peso da massa de grãos das 20 espigas coletadas de cada parcela, após a debulha. A debulha foi feita a mão usando um debulhador manual de modo a otimizar o processo mantendo as perdas mínimas de grãos. Todas as variáveis de peso foram corrigidas para umidade de 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, à análise de regressão. Também foi realizada correlação linear de Pearson entre os



caracteres avaliados. Para as análises estatísticas foi utilizado o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussões

Efeitos significativos ($p < 0,01$) foram observados para características de crescimento altura de planta, altura de inserção e diâmetro de colmo de híbrido simples de milho em função das doses de N (Tabela 1). As doses de K não afetaram as variáveis de crescimento.

Tabela 1 - Resumo de quadro de análise de variância, para variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC) de híbrido simples de milho em função das doses de N e K.

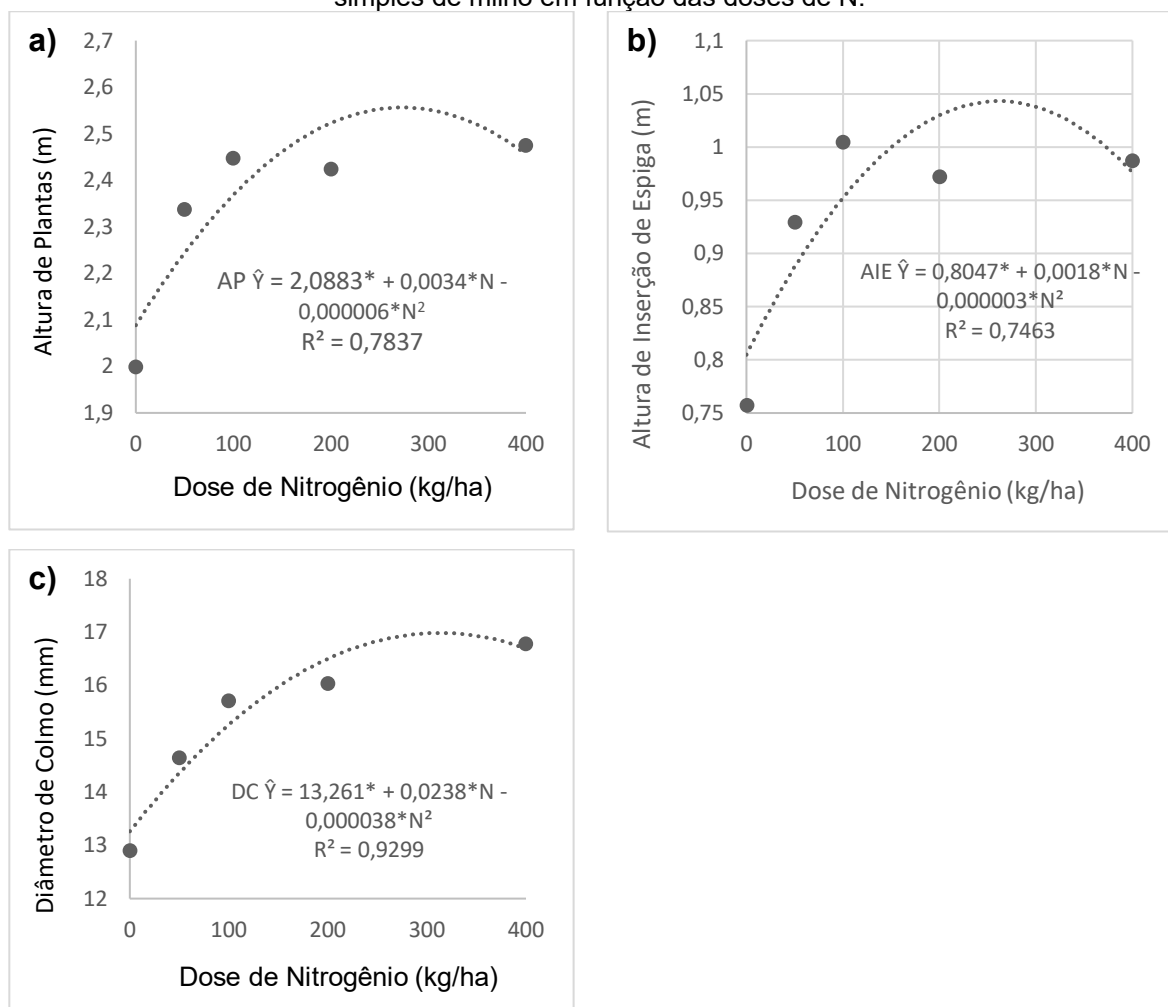
Fontes de variação	GL	AP	AIE	DC
Dose N	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Dose K	4	0,1641 ^{NS}	0,0782 ^{NS}	0,2639 ^{NS}
N x K	16	0,3180 ^{NS}	0,3129 ^{NS}	0,3004 ^{NS}
Resíduo	50	0,02	0,009	0,91
CV	-	6,18	10,21	6,29
Média	-	2,33	0,93	15,21

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. NS: Não significativo. GL: Graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

A altura das plantas, altura da inserção da espiga e diâmetro do colmo de milho aumentaram com o aumento das doses de N (Figura 2). As doses de 283, 300 e 313 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram a maior altura de plantas, inserção da espiga e diâmetro do colmo, respectivamente.

Figura 2 – Altura de planta (a), altura de inserção da espiga (b) e diâmetro de colmo (c) de híbrido simples de milho em função das doses de N.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O N e K foliar foram afetados apenas pelas doses de forma isolada. Já os teores foliar de Ca e Mg foram significativamente ($p < 0,01$) afetados pela interação das doses de N e K (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo de quadro de análise de variância para variáveis teor de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio foliar no híbrido simples de milho em função das doses de N e K.

Fontes de variação	GL	Nitrogênio	Potássio	Cálcio	Magnésio
Dose N	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**

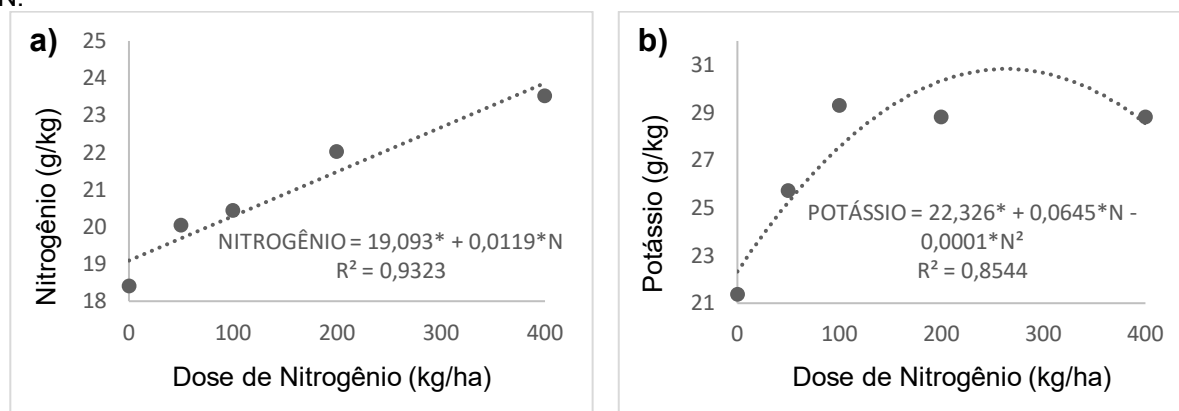
Dose K	4	0,0927 ^{NS}	0,0007 ^{**}	0,0199 ^{**}	0,0000 ^{**}
N x K	16	0,2483 ^{NS}	0,0956 ^{NS}	0,0050 ^{**}	0,0129 ^{**}
Resíduo	50	3,86	20,30	0,16	0,035
CV	-	9,42	16,81	9,94	9,47
Média	-	20,88	26,79	4,05	1,97

^{**} Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. NS: Não significativo. GL: Graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O teor de N foliar do milho aumentou significativamente em função das doses de N, atingido o maior valor (23,85 g kg⁻¹) na dose de 400 kg ha⁻¹ de N (Figura 3 a). Já as doses de K não influenciaram no N foliar. Contudo, o teor de K foliar aumentou até a dose de 322 kg ha⁻¹ de N (Figura 3 b).

Figura 3 – Teor de N (a) e K (b) foliar em híbrido simples de milho em função das diferentes doses de N.

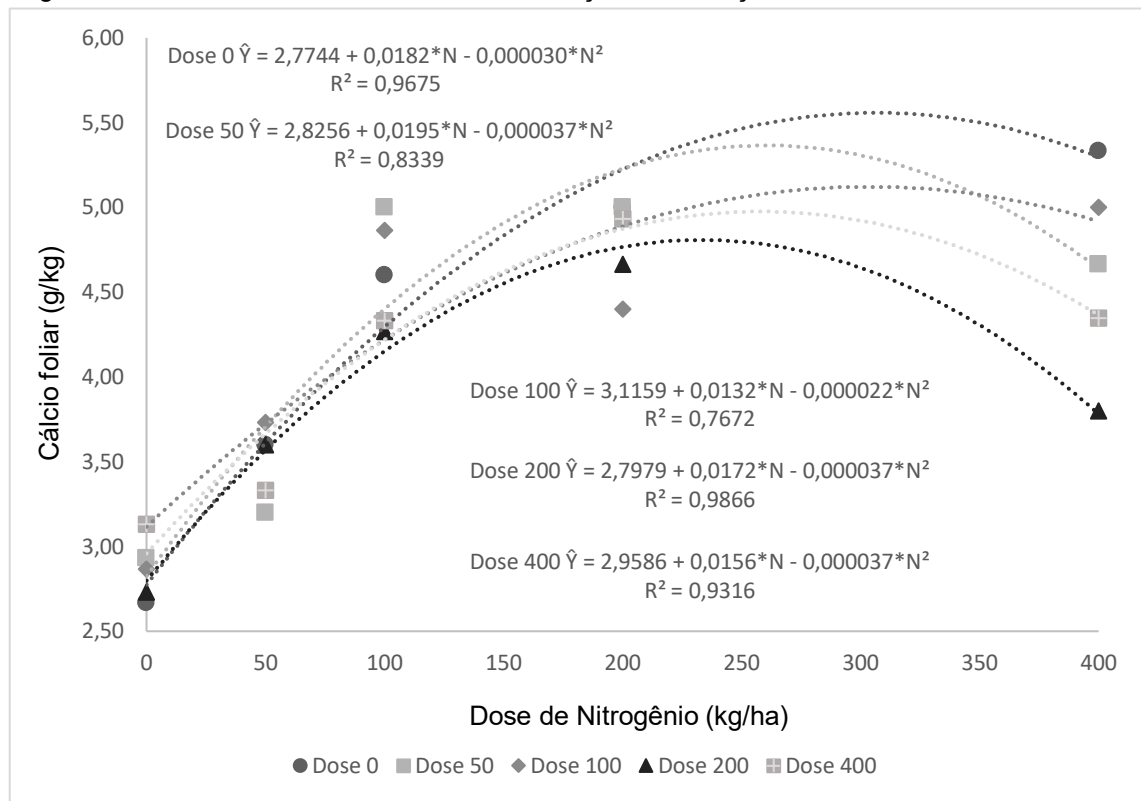


Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Houve interação entre o teor de cálcio foliar para as doses de N x K. O Ca na folha aumentou de forma significativa de acordo com o aumento da dose de N, sendo o maior valor observado na dose 0 do potássio. Entretanto as altas doses de potássio promoveram redução do teor de Ca na folha comparado às doses baixas. Usando a equação da linha de tendência da dose 0, sendo a responsável pelo maior pico, ao derivar e reduzir em 5% a dose, obtém-

se que a dose em que mais houve acúmulo de Ca foliar foi de 288,16 kg ha⁻¹ de N na dose de 0 kg de K, atingindo um teor de 5,53 g kg⁻¹ de Ca foliar. Isso mostra que para o milho, solos com concentrações adequadas de K, a adubação com potássio deve ser feita apenas para manutenção dos teores de K no solo (Figura 4).

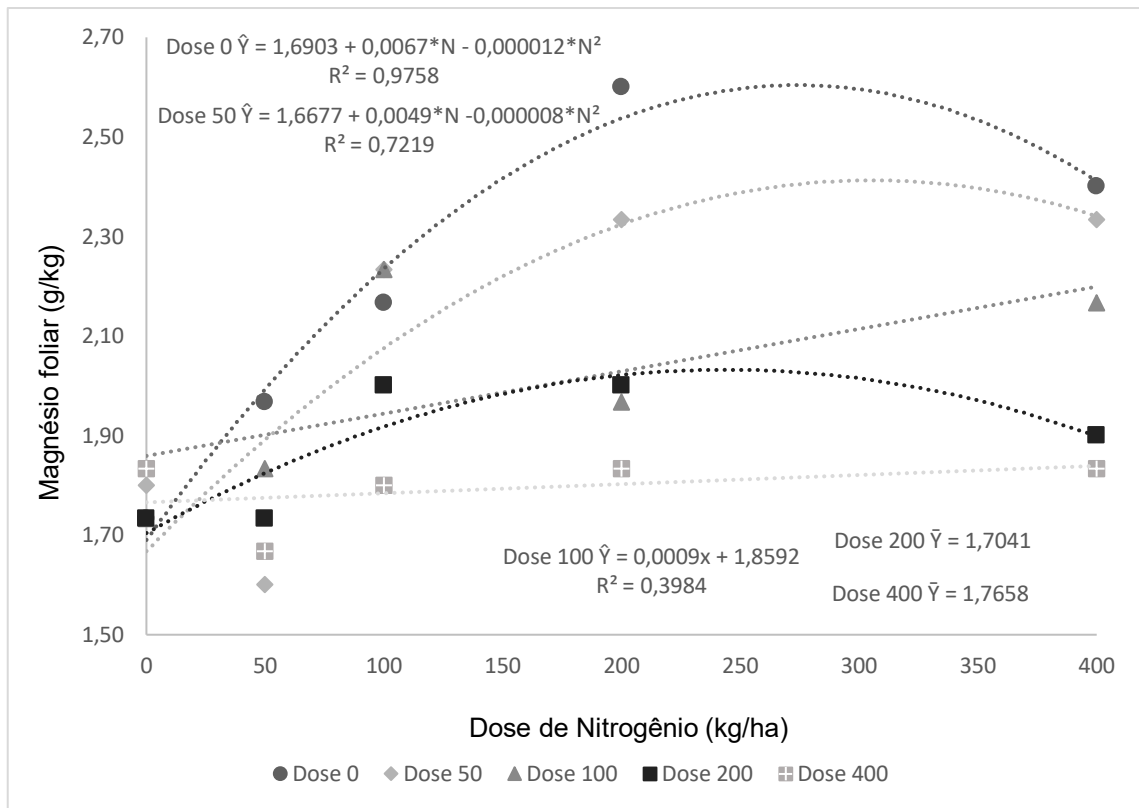
Figura 4 – Teor de cálcio foliar no milho, em função da interação entre as doses de N e K.



Variáveis de doses seguidas de “ \hat{Y} ” = ($p < 0,05$). Variáveis de doses seguidas “ \hat{Y} ” = ($p > 0,05$).
 Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O Mg foliar foi influenciado pela interação das doses de N com as doses 0, 50 e 100 de K. O teor de Mg foliar aumentou de acordo com o aumento da dose de N, entretanto o mesmo cenário visto no Ca é expressado no Mg. A adubação com K gerou uma redução na concentração de Mg foliar. A dose 0 kg de K resultou em um maior acúmulo de Mg, em comparação a altas doses de K (Figura 5).

Figura 5 – Teor de magnésio foliar no milho, em função da interação entre as doses de N e K.



Variáveis de doses seguidas de “ \hat{Y} ” = ($p < 0,05$). Variáveis de doses seguidas “ \bar{Y} ” = ($p > 0,05$).
 Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O P, B e Zn responderam de forma significativa ($p < 0,01$) para as variações das doses de N. A interação entre doses de N x K foram significativas apenas para o B foliar (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo de quadro de análise de variância para variáveis teor de fósforo, boro e zinco foliar no híbrido simples de milho em função das doses de N e K.

Fontes de variação	GL	Fósforo	Boro	Zinco
Dose N	4	0,0119**	0,0000**	0,0040**
Dose K	4	0,1335 ^{NS}	0,0061**	0,3897 ^{NS}
N x K	16	0,5055 ^{NS}	0,0000**	0,4552 ^{NS}
Resíduo	50	0,068	1,26	4,33

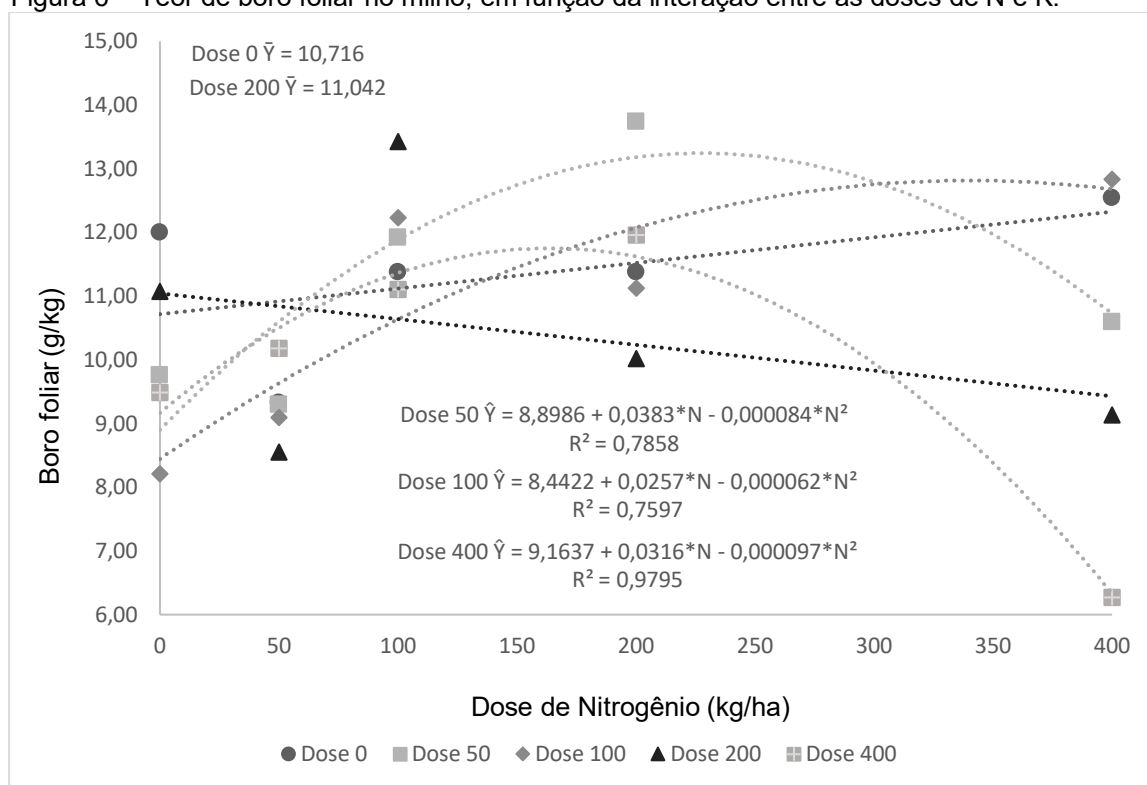
CV	-	9,45	10,56	14,52
Média	-	2,77	10,65	14,34

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. NS: Não significativo. GL: Graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O B foliar foi afetado pela interação entre as doses de N e as dose 50, 100 e 400 kg ha⁻¹ de K. A partir destas três doses observa-se que tanto o aumento da dose de N quanto de K promoveram a redução do boro foliar. Sendo a dose de 400 kg responsável pelo menor acúmulo de boro.

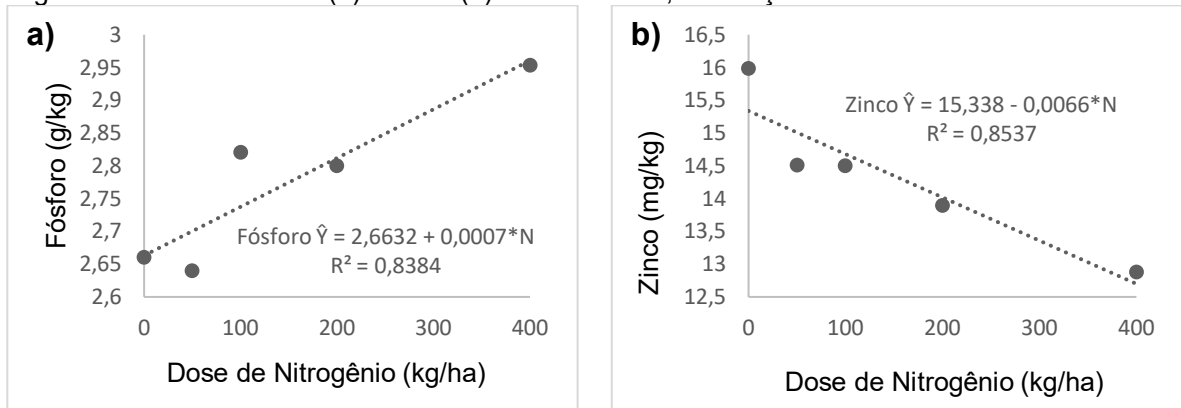
Figura 6 – Teor de boro foliar no milho, em função da interação entre as doses de N e K.



Variáveis de doses seguidas de “ \hat{Y} ” = ($p < 0,05$). Variáveis de doses seguidas “ \bar{Y} ” = ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

O aumento da dose de nitrogênio causou aumento na concentração de fósforo foliar (Figura 7 a). Em contrapartida causou uma redução do zinco foliar (Figura 7 b).

Figura 7 – Teor de fósforo (a) e zinco (b) foliar no milho, em função das doses de N e K.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Os componentes da produtividade número de fileiras (NF), grãos por fileira (GF), grãos por espiga (GPE), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade de grãos (PG) de milho foi significativamente ($p < 0,01$) afetado pelas doses de N (Tabela 4). Por outro lado, não houve efeito ($p < 0,05$) das doses de K para as variáveis de rendimento.

Tabela 4 - Resumo do quadro de análise de variância para variáveis número de fileiras (NF), grãos por fileira (GF), grãos por espiga (GPE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PG) em função das doses de nitrogênio e potássio na cultura do milho, conduzido na segunda safra 2024/2025 em Colorado, RO.

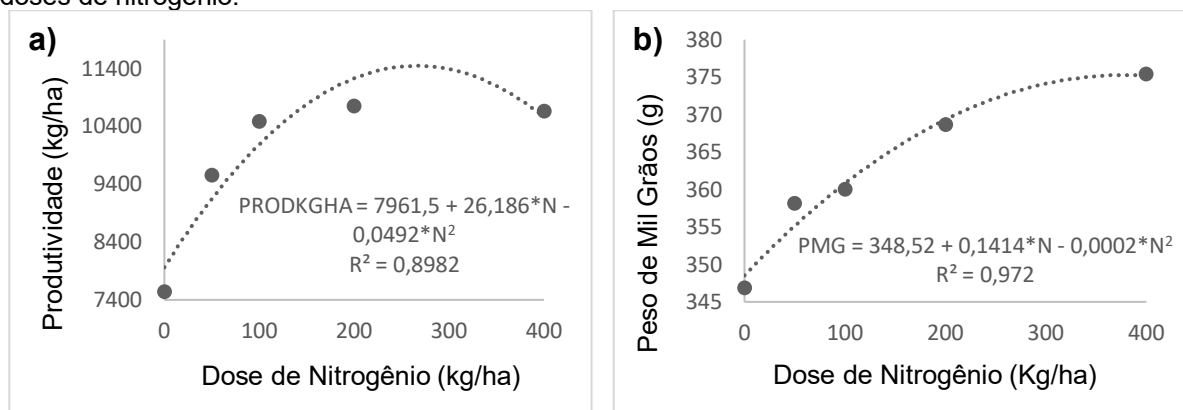
Fontes de variação	GL	NF	GF	GPE	PMG	PG
Dose N	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0002**	0,0000**
Dose K	4	0,9832 ^{NS}	0,9848 ^{NS}	0,9822 ^{NS}	0,6372 ^{NS}	0,7071 ^{NS}
N x K	16	0,7405 ^{NS}	0,6994 ^{NS}	0,6316 ^{NS}	0,7739 ^{NS}	0,1730 ^{NS}
Resíduo	50	0,31	7,93	2401,30	257,83	1032196,48
CV	-	3,54	8,56	9,34	4,44	10,37
Média	-	15,92	32,90	524,50	361,79	9799,22

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. NS: Não significativo. GL: Graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

A produtividade máxima deste trabalho foi atingida com uma dose de 266,12 kg ha⁻¹ de N produzindo 11445,78 kg ha⁻¹ de grãos (Figura 8 a). Partindo do objetivo central deste trabalho, a dose (MEA), encontrada a partir da derivação da equação do gráfico, e reduzindo em 10% obtemos uma produtividade de 10301,2 kg ha⁻¹, com uma dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Para variável peso de mil grãos (PMG) a dose de 353,5 kg ha⁻¹ de N expressou maior peso de 373,5 g (Figura 8 (b)). Entretanto, ao reduzir em 5% a dose de maior PMG, chegamos ao valor de 335,83 kg ha⁻¹ de N, entregando um PMG de 373,45 g com uma redução de 0,05 g. Se aplicado 80% da dose sendo 282,8 kg ha⁻¹ de N o PMG será de 372,5 g, portanto a redução da dose de maior PMG em 20% reduzirá o PMG em apenas 1,0 gramas.

Figura 8 – Produtividade em quilograma por hectare (kg/ha) (a) e Peso de Mil Grãos (b) em função das doses de nitrogênio.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Os resultados significativos observados para o nitrogênio tanto nas características morfológicas (Tabela 1) e produtividade (Tabela 4), estão diretamente ligados ao fato de o nitrogênio ser um nutriente indispensável para o crescimento e desenvolvimento do milho, devido a sua participação na constituição de nucleotídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas e na clorofila sendo de suma importância na fotossíntese (Cassim *et al.*, 2024).

Efeitos observados para teor de nitrogênio foliar (Tabela 2) em função das doses de N estão diretamente ligados a papel fundamental na síntese de proteínas, clorofila e enzimas, impactando na eficiência da fotossíntese, e desenvolvimento da parte vegetativa da planta e principalmente no acúmulo de grãos (Fernandes *et al.* 2025). Portanto é de se esperar que o aumento da dose de nitrogênio gera efeitos notados nas características morfológicas da planta, tornando a planta mais alta e com diâmetro de colmo maior, assim como um aumento



na concentração de outros elementos como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, boro, manganês foliar devido ao aumento da biomassa e capacidade de produção da planta.

Santos *et al.* (2023), observou resultados significativos para diferentes doses de N bem como o aumento de forma linear para produtividade de grãos, o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo. De acordo com Santos *et al.* (2023), outros autores como (Peruzzo *et al.*, 2015; Portugal *et al.*, 2017; Scotta *et al.*, 2018; Moreira *et al.*, 2019) também demonstram alto potencial de produção e teores de N foliar, devido à adubação nitrogenada.

Trabalhos como o de Thant *et al.* (2024), mostram que mesmo em diferentes regiões a resposta para doses crescentes de N são positivas. Evidenciando que um manejo correto da dosagem de adubação de nitrogênio é de extrema importância para definir a produção de grãos.

Não houve resultados significativos a ($p > 0,05$) para diferentes doses de K (Tabela 2), ou para interação entre N e K na variável produtividade. Fatores como alto teor no solo, seja por meio de restos culturais da cultura antecessora ou adubação com K remanescente de outros anos, alinhados com o nível de necessidade da cultura e sua função dentro da planta podem ter corroborado para tais resultados. Em outro estudo, Pacheco *et al.* (2021), relatou a ausência de resultados significativos para K, justificando esses resultados usou como hipótese o elevado teor no solo, somado a boa condição hídrica o que corrobora com resultados encontrados neste estudo.

O K e o Ca são dois cátions mais abundantes em meios celulares aquosos na planta, o K em baixa disponibilidade pode induzir aumento de Ca^{2+} citosólico (Sardans e Peñuelas 2021). De fato, foi observado que o aumento da dose de K somado a já adequada concentração do solo, gerou o aumento do Ca foliar (Figura 4).

De acordo com Xie *et al.* (2021), o K e o Mg são elementos catiônicos, gerando uma competição sendo majoritariamente direcionada pelo potássio, por tanto uma maior disponibilidade de K no solo gera uma redução na absorção de Mg pela raiz da planta. Neste estudo observa-se que houve uma interação entre K e Mg (Tabela 2) para as diferentes doses de potássio, visto que o aumento da dose de K, gerou uma redução no teor de Mg foliar. Segundo Thenveetil *et al.* (2024), o antagonismo entre K, Ca e Mg proporciona o equilíbrio de cátions na planta. Wdowiak, Podgórska, Szal, (2024) relata que o magnésio em excesso ativa proteínas dependentes de Ca gerando um acúmulo de Mg no vacúolo.

O teor de boro foliar apresentou interação (Tabela 3), contudo a análise de solo não o quantificou no solo, portanto não há como saber se este pode ter sido um fator limitante, na



sua concentração foliar. Para Maldonado *et al.* (2024), ainda existem muitas lacunas sobre a interação de B x N. Alguns estudos trazem que o aumento da disponibilidade de N leva a uma redução na absorção de B pelas plantas. Essa interação afeta outros nutrientes como P, K, Ca e Mg, assim como características morfológicas.

Segundo Singh *et al.* (2024), outros autores encontraram resultados tanto positivos quanto negativos para o acúmulo de Zinco (Zn). Condições do solo, fatores do ambiente, e manejo da cultura são possíveis justificativas. As características genéticas influenciam diretamente na absorção de nutrientes, como evidência, atualmente os híbridos de milho possuem uma absorção de modo mais eficiente aos anteriores.

Em suma, as controvérsias em resultados de outros estudos bem como resultados deste, demonstram uma falta de estudos concretos sobre o comportamento do Zn quando a planta sofre adversidades, sejam climáticas ou então na composição do solo implantado. Neste trabalho, a causa mais provável para a redução do Zn foliar é o aumento da concentração de fósforo (F) (Figura 8) em função do aumento da dose de N, podendo ter gerado uma competição entre o F e Zn, corroborando com trabalhos anteriores segundo Singh *et al.* (2024).

Considerações Finais

A adubação com N gerou aumento nas características morfológicas avaliadas da planta. Esse aumento de N proporcionou uma maior disponibilidade de potássio, fósforo, cálcio, magnésio, boro e manganês foliar, entretanto houve uma redução do zinco foliar. O aumento da dose de K refletiu redução de outros nutrientes como cálcio, magnésio e boro foliar. A interação entre N e K foi significativa para nutrientes presentes na folha como cálcio, magnésio e boro. Doses de N geraram aumento do PMG e da produtividade em kg ha⁻¹. A dose (MEA) encontrada foi de 113,6 kg de N atingindo 10301,2 kg ha⁻¹. As doses de K não promoveram aumento para produtividade da cultura.

Agradecimentos

“Ao Instituto Federal de Educação e Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, pelo auxílio financeiro do primeiro autor para realização da pesquisa.”



Referências

- KERCHNER, A. C.; MADRUGA, F. B.; RODRIGUES, H. C. S.; SILVA, A. F.; POHL, S.; HARTEK, L. S. H.; MUNARI, J.; TUNES, L. V. M.; ALMEIDA, A. S. **Corn culture: from the first records to harvesting and storage**. Colloq Agrar, v. 20, n. 1, 2024. DOI: 10.5747/ca.2024.v20.h528.
- RAMOS, N. P.; MENDES, N. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; BAYMA, G.; NOVAES, R. M. L.; PIGHINELLI, A. L. M. T.; MORANDI, M. A. B.; SAVIOLI, J. P. P. D.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F. **Agric corn prof for Brazilian states** – reference for the RenovaBio policy. Jaguariúna – SP: Embrapa, agosto 2024. 42 p. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/arq/arquivos-estudos-relatorio-e-seminarios/ramos-final-report-agricultural-corn-profiles.pdf>
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Corn**. [citado 15 de set. 2025]. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2024/2025: décimo segundo levantamento, Setembro/2025**. Brasília, CONAB, v. 12, n. 12, 133 p. [citado 15 de set. 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safra/safra-de-graos>
- BAYER. **Nutrientes do milho**. [citado 10 de out. 2025]. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/nutrientes-do-milho>
- FATHI, A. **Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review**. (2022). Agrisost. Out. de 2022. DOI:10.5281/zenodo.7143588
- ZHANG, M.; HU, Y.; HAN, W.; CHEN, J.; et al. **Potassium nutrition of maize: uptake, transport, utilization, and role in stress tolerance**. The Crop Journ, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2023. DOI: 10.1016/j.cj.2023.02.009
- SHU, X.; JIN, M.; WANG, S.; XU, X.; DENG, L.; ZHANG, Z.; ZHAO, X.; YU, J.; ZHU, Y.; LU, G.; LV, Z. **The Effect of Nitrogen and Potassium Interaction on the Leaf Physiological Characteristics, Yield, and Quality of Sweet Potato**. Agron, v. 14, n. 10, p. 2319, 9 out. 2024. DOI: 10.3390/agronomy14102319
- MACCARI, M.; ASSMANN, T.; BERNARDON, A.; SOARES, A.; FRANZLUEBBERS, A.; BORTOLLI, M.; BRUM de BORTOLLI B.; GLIENKE, C. L. **Relationships between N, P, and K in corn biomass for assessing the carryover effects of winter pasture to corn**. European Journ of Agron, v. 129, p. 126317, 2021. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126317
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. **Present and future Köppen-Geiger climate classification map at 1-km resolution**. Scien Dat, v. 5, n. 180214, 2018.
- SANTOS, H. G. D. et al. (ORG.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.



RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State Univer of Scienc and Techn, 1993, 26p.

VELOSO, C. A. C.; ARAUJO, S. M. B.; VIÉGAS, I. de J. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. Amostragem e diagnose foliar. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. (Ed.) **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 5, p. 65-72. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127239>

TOEBE, M.; FILHO, A. C.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; HAESBAERT, F. M.; **Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho**. Pesq Agrop Bras, v. 49, n. 11, p. 860–871, nov. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100005>

Ferreira DF. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

Cassim Bmar, Lisboa IP, Besen MR, Otto R, Cantarella H, Inoue TT, Batista MA. **Nitrogen**: from discovery, plant assimilation, sustainable usage to current enhanced efficiency fertilizers technologies – A review. Rev Bras Ciênc Solo, v. 48, p. e0230037, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230037>

Fernandes DB, Campos LV, Ventura MVA. **PERFORMANCE OF FOLIAR NITROGEN APPLICATION IN CORN CROPS: EFFICIENCY AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE**. Rese, Soci and Developpt, v. 14, n. 6, p., 2025. DOI: 10.33448/rsd-v14i6.49069

Santos FC, Figueiredo JEF, Pinheiro RB, Cota LV, Vasconcelos AA, Albuquerque Filho MR, Costa RV, Pastina MM, Silva-araújo DD. **Effects of maize genotypes, nitrogen rates and sources in yield, nutritional status, and fumonisins incidence**. Brazili Journ of Biol, São Paulo, v. 83, 2023. DOI: 10.1590/1519-6984.274081

Peruzzo A, Lunelli L, Alves MV, Nesi CN. **EFEITO DO NITROGÊNIO INCORPORADO OU EM SUPERFÍCIE NA PRODUTIVIDADE DE MILHO**. Scien Agra, [S. l.], v. 16, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v16i3.46503>

Portugal JR, ARF O, Peres AR, Gitti DC, Garcia NFS. 2017. **Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com Azospirillum brasilense em milho no Cerrado**. Rev Ciênc Agronô, vol. 48, no. 4, pp. 639-649. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>

Scotta RGM, Filho MGC, Peluzio JM, Carvalho EV, Dotto MA, Afferri FS. 2018. **Efeitos da adubação nitrogenada de cobertura em milho consorciado**. Rev Brasi de Agrop Sustentável, vol. 8, no. 3, pp. 73-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v8i3.2995>

Moreira RC, Valadão FCA, JÚNIOR, DDV. 2019. **Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada**. Rev de Ciênc Agrá, vol. 62, pp. 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.2865>.



Thant KP, Ngwe K, Moe K, Win T. **Effects of Nitrogen Fertilizer Rates on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)**. Asian Soil Rese Journ, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 1–8, 2024. DOI: [10.9734/asrj/2024/v8i2146](https://doi.org/10.9734/asrj/2024/v8i2146)

Pacheco FBS, Theodoro GF, Miyake AWA, Ribeiro MM, Fernandes PB. **Potassium in topdressing and the association of nitrogen with potassium silicate in morphology traits, common smut incidence and maize grain yield**. Rese, Socie and Develop, v. 10, n. 11, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19807>

Sardans J, Peñuelas J. **Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications**. Plants (Basel, Switzerland), 2021. 10(2), p. 419. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020419>

Xie K, Çakmak I, Wang S, Zhang F, Guo S. **Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants**. Crop Journ, v. 9, n. 2, p. 249-256, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>

Thenveetil N, Reddy KN, REDDY KR. **Effects of Potassium Nutrition on Corn (*Zea mays* L.) Physiology and Growth for Modeling**. Agricult 2024, 14, 968. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14070968>

Wdowiak A, Podgórska A, Szal B. **Calcium in plants: an important element of cell physiology and structure, signaling, and stress responses**. Acta Physiol Plant 46, 108 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-024-03733-w>

Maldonado PV, Aquea F, Reyes-díaz M, Cárcamo-fincheira P, Soto-cerda B, Nunes-nesi A, Inostroza-blancheteau C. **Role of boron and its interaction with other elements in plants**. Front in Plant Scienc, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1332459>

Singh R, Sawatzky S, Thomas M, Akin S, Raun WR, Zhang H, Arnall DB. **Micronutrients concentration and content in corn as affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization**. (2024). Agrosyst, Geoscienc & Envir 7, e20568. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20568>



10.31072/rcf.v17i1.1553

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access