

STTEFANY ANDRADE DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO A
DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SEMEADURA E COBERTURA**

Ji-Paraná
2025

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO A
DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SEMEADURA E COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Afya Centro
Universitário de Ji-Paraná como
requisito parcial para obtenção de grau
de engenheiro agrônomo. Prof.
Orientador: Jeronimo Vieira Dantas
Filho

Ji-Paraná
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

O48c Oliveira, Sttefany Andrade de.

Crescimento e desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de adubação nitrogenada em semeadura e cobertura. / Sttefany Andrade de Oliveira. – Ji-Paraná, 2025.
30 p.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Afya Centro Universitário de Ji-Paraná, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Vieira Dantas Filho.

1. Adubação nitrogenada. 2. Crescimento do milho. 3. Desenvolvimento vegetal. I. Dantas Filho, Jerônimo Vieira. II. Título.

CDU 631.8:633.15

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Bibliotecário Giordani Nunes da Silva CRB 11/1125

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO A
DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SEMEADURA E COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Afya Centro
Universitário de Ji-Paraná como requisito parcial para obtenção
de grau de engenheiro agrônomo. Orientador: Prof. Jeronimo
Vieira Dantas Filho

Ji-Paraná, ____ de _____ de 2025.

Avaliação/ Nota:

BANCA EXAMINADORA

AGRADECIMENTOS

A Deus, o autor da minha vida, por me sustentar, me guiar com fé e me manter firme durante os momentos de incerteza. Sem ele nada disso seria possível. A Ele, toda honra e glória.

Aos meus pais, Jair e Sheila, meu porto seguro. Minha eterna gratidão por todo o esforço que fizeram para a realização desse sonho, sempre me ensinaram o valor do trabalho árduo e honesto, cada conquista minha tem as mãos de vocês por trás.

Aos meus avós por todos os ensinamentos. À minha avó Francisca, que não me viu formar, mas vive em cada conquista. Sempre me incentivou e acreditou em mim, certamente estaria muito orgulhosa. Ao meu avô José João por todo apoio quando precisei.

Ao meu marido Raonny, por todo companheirismo, incentivo, dedicação e apoio incondicional em me ajudar chegar até aqui.

A minha sogra Ana Lucia e a Rosely por todo incentivo e por cada palavra de apoio durante essa jornada.

As minhas amigas de curso, Ana Carolina e Larissa, obrigada pela amizade, companheirismo e momentos partilhados durante essa trajetória, vocês tornaram esse processo mais leve.

Aos professores do curso de Agronomia, por todo conhecimento compartilhado, em especial ao meu orientador Jeronimo por todo auxílio e comprometimento no desenvolvimento desse trabalho.

A todos, o meu mais sincero agradecimento.

Stefany Andrade de Oliveira, outubro de 2025.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do milho à diferentes doses de adubação nitrogenada em semeadura e cobertura. O experimento foi conduzido na estufa do campo experimental do Afya Centro Universitário de Ji-Paraná (RO), utilizando solo coletado em Presidente Médici (RO), na camada de 0–30 cm, acondicionado em vasos de 11 L. O plantio ocorreu em 18 de setembro de 2025 com o híbrido de milho Baspan SX 3186TPV, mantendo-se uma planta por vaso após o desbaste. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições (18 parcelas) e duas testemunhas sem adubação. Foram aplicadas doses de nitrogênio (75, 150 e 225 kg/ha) na semeadura e em cobertura, utilizando ureia como fonte (45% N). As variáveis avaliadas aos 36 dias após o plantio incluíram altura das plantas, diâmetro do colmo e massa fresca da parte aérea. A análise de variância bifatorial indicou efeito significativo ($p < 0,001$) das doses de nitrogênio tanto na semeadura quanto na cobertura sobre a altura das plantas, com significância marginal na interação ($p \approx 0,09$). Para o diâmetro do colmo, observou-se efeito relevante ($p < 0,01$), e para a massa fresca, efeito significativo ($p < 0,05$). O teste de Tukey confirmou diferenças entre os tratamentos, sendo que a testemunha apresentou desempenho inferior. A combinação de 225 kg/ha de N na semeadura e 225 kg/ha em cobertura resultou nos maiores valores médios. Apesar disso, doses intermediárias (150 kg/ha) também se mostraram eficientes, indicando possível saturação nas doses mais elevadas. Conclui-se que a adubação nitrogenada influencia positivamente o crescimento e a biomassa do milho, especialmente em doses adequadas e equilibradas. A adubação nitrogenada influencia significativamente o crescimento e a biomassa do milho. A dose de 150 kg/ha foi mais eficiente para altura, enquanto doses superiores não trouxeram ganhos consistentes. Aplicação parcelada, especialmente 225 + 225 kg/ha, favoreceu vigor vegetativo e colmo robusto, mas não garante maior produtividade de grãos, exigindo estudos adicionais.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Crescimento do milho; Desenvolvimento vegetal.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-------|
| Figura 1 – Imagem da localização da estufa..... | Erro! |
| Indicador não definido. Figura 2 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa..... | 17 |
| Figura 3 – Crescimento das mudas de milho (Altura) em função das doses na Semeadura..... | 19 |
| Figura 4 – Crescimento das mudas de milho (Altura) em função das doses na Cobertura..... | 20 |
| Figura 5 – Gráfico combinado com as informações de semeadura e cobertura, incluindo as barras de erro (desvio padrão) | 21 |
| Figura 6 – Efeito das doses de nitrogênio na semeadura (75, 150 e 225 kg/ha) e na cobertura (75, 150 e 225 kg/ha) sobre a altura da planta, diâmetro do colmo e massa fresca da parte aérea de milho..... | 22 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Características biométricas e produtivas de plantas sob diferentes tratamentos de adubação..... | 17 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2. OBJETIVOS..... | 10 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 11 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 15 |
| 5. RESULTADOS..... | 17 |
| 6. DISCUSSÃO..... | 22 |
| 7. CONCLUSÕES..... | 25 |
| 8. REFERÊNCIAS..... | 26 |

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais do mundo, cultivado em quase todo o Brasil, além de ser fundamental na alimentação humana constitui um dos principais componentes no segmento produtivo de rações para bovinos, suínos e aves. O uso do milho é principalmente destinado a ração animal, pois é um insumo indispensável em fazendas de bovinocultura, aproximadamente dois terços de toda a produção são designados a essa finalidade (NUNES et al., 2025).

Nos últimos anos, a cultura do milho no Brasil passou por inovações tecnológicas, elevando significativamente sua produtividade (COELHO, 2006). Diante da crescente demanda por alimentos no mundo, profissionais do setor agrícola buscam por inovações que alcance o máximo de potencial produtivo sem expandir as áreas cultivadas (SANTOS, 2022). De acordo com os dados da companhia Nacional de Abastecimento (Conab), para a safra 2024/2025 é previsto uma produção total de 139,7 milhões de toneladas de milho, representando um aumento de 20,9% à safra anterior (CONAB, 2025).

O uso do nitrogênio é indispensável, pois é um dos elementos absorvidos em maiores quantidades na cultura do milho durante todo o ciclo vegetativo, e a sua falta pode limitar a produtividade (SANTOS, 2022). A disponibilização desse macronutriente se torna essencial, pois, durante o cultivo do milho é removido grandes quantidades de nitrogênio do solo, que devem ser supridas para alcançar altas produtividades, em geral, de 70 a 90% dos experimentos implantados no Brasil, mostram respostas na cultura do milho à aplicação de nitrogênio (COELHO, et al., 2008).

O manejo da adubação se torna indispensável para o atingimento de altas produtividades, responsável pelo crescimento vegetativo e atuando diretamente na produtividade, a disponibilização do nitrogênio é fundamental para as plantas, já que é um dos componentes do DNA, RNA e proteínas vegetais (SANTOS, 2022). Portanto, durante o planejamento da adubação é fundamental considerar resultados de análises de solo, extração de nutrientes pela cultura e se a finalidade de exploração será para grãos ou forragem (COELHO, 2008).

Assim percebe-se a importância de estudos sobre adubação nitrogenada, visando avaliar a eficiência de diferentes estratégias de aplicação e manejo de N para

identificar o método que alcance melhores resultados de crescimento e desenvolvimento da cultura do milho.

2. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do milho à diferentes doses de adubação nitrogenada em semeadura e cobertura.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o crescimento vegetativo das plantas em altura, diâmetro de colmo e matéria seca;
- Analisar o efeito da adubação em cobertura e adubação em semeadura;
- Avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é largamente cultivada em todo o território brasileiro, destacando-se como uma das principais culturas agrícolas do país, sua produção influencia tanto na economia interna quanto na externa, sendo de grande importância socioeconômica em todo o mundo, seu uso abrange alimentação humana e animal, além de constituir matéria-prima para diversos produtos industrializados.

No Brasil, o milho possui expressiva relevância econômica, ocupando a terceira posição entre os maiores produtores mundiais, com destaque para os estados de Mato Grosso, Paraná e Goiás (SCROBOT et al., 2022). A produção brasileira se destaca pela alta produtividade e pelo avanço tecnológico aplicado no campo, com uso de cultivares híbridas e transgênicas que proporcionam melhor desempenho agrônomo e resistência a fatores bióticos e abióticos.

O milho é uma gramínea de espécie C4, caracterizada por alta eficiência fotossintética, especialmente em ambientes com alta luminosidade e temperatura. É uma planta anual, robusta e ereta com desenvolvimento dividido em fases vegetativas

(V) que envolve o crescimento das folhas, raízes e colmos, enquanto a reprodutiva (R) abrange o pendoamento, a polinização e o enchimento de grãos. Necessita de temperaturas entre 24 °C e 30 °C, alta incidência de radiação solar e boa disponibilidade de água para atingir o seu máximo potencial produtivo (SANTOS, 2022). Originado e domesticado na América, pode ser cultivado em diferentes regiões do planeta devido sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas e tipos de solo.

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho e desempenha um papel fundamental no seu desenvolvimento, a sua disponibilidade adequada está diretamente associada ao crescimento e a produtividade da cultura. Entre os fertilizantes nitrogenados, a ureia é amplamente utilizada por apresentar menor custo relativo, alta solubilidade em água e boa assimilação dos produtos resultantes de sua hidrólise pelas plantas (MODESTO, 2014). Exerce diversas funções nas plantas, como componente essencial dos aminoácidos livres e proteicos, além de estar presente nas bases nitrogenadas (pirimidinas e purinas), ácidos nucleicos (DNA e RNA) (SANTOS, 2022). O nitrogênio pode ser perdido por diferentes processos e a sua eficácia pode ser reduzida mediante as perdas por lixiviação, escoamento superficial, erosão, volatilização de amônia e desnitrificação (MODESTO, 2014). Por isso exige atenção durante a aplicação e o manejo, afim de assegurar maior eficiência e resultados satisfatórios. Por ser essencial ao desenvolvimento do milho e não ser suprido totalmente pela fixação biológica a disponibilização e reposição mineral é indispensável (SANTOS, 2022).

De acordo com Coelho, et al., (2008) as recomendações atuais para adubação nitrogenada em cobertura se baseiam na curva de respostas, histórico da área e na produtividade esperada, variando de 40 a 80kg de N/ha para o milho safrinha. É importante considerar que cada variedade e híbridos de milho requerem diferentes quantidades de N, conforme seu potencial produtivo (RODRIGUES, et al.,2018). Diante disto, definir a época de aplicação é fundamental, pois influencia diretamente a eficiência dos nutrientes e conseqüentemente a produtividade da lavoura. A aplicação total de N a lanço ou em sulcos na pré-semeadura do milho, despertou interesse por favorecer vantagens operacionais, como maior flexibilidade no momento da adubação e melhor aproveitamento de uso de máquinas e mão de obra, no entanto a adubação nitrogenada em cobertura quase sempre garante aumentos significativos no rendimento, mesmo sob condições de precipitação pluvial normais ou excessivas,

especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura (COELHO, et al., 2008).

Percebe-se assim a necessidade de adoção de práticas de manejo mais eficientes a fim de tirar o melhor proveito da aplicação do N em semeadura ou cobertura para atingir altas produtividades com menor desperdício.

Do ponto de vista fisiológico, o N é constituinte de aminoácidos, proteínas, clorofilas e ácidos nucleicos (DNA e RNA), além de participar de múltiplas vias enzimáticas ligadas à fotossíntese, ao crescimento celular e ao balanço fonte-dreno. Em milho moderno, o acúmulo e a partição de N entre órgãos variam ao longo do ciclo; a cultura tende a apresentar aquisição considerável de N até o pendoamento, seguida de remobilização interna ao grão, com magnitude modulada por ambiente, densidade de plantas e dose de N. Esses aspectos sustentam a necessidade de ajustar dose, época e fonte para otimizar eficiência do uso de N (NUE) (CIAMPITTI; VYN, 2012; CASSMAN; DOBERMANN; WALTERS, 2002).

A dinâmica do N no solo explica a alta sensibilidade da cultura ao manejo. A ureia, fonte mais utilizada por seu custo e concentração, sofre hidrólise rápida por urease, elevando o pH ao redor do grânulo e favorecendo perdas por volatilização de amônia (NH_3), que podem alcançar valores expressivos em condições tropicais quentes e úmidas. O uso de inibidores de urease (por exemplo, NBPT) retarda a hidrólise, reduzindo a volatilização média em cerca de 50% e, em alguns cenários, resultando em ganhos de produtividade; contudo, a eficácia varia com pH do solo, temperatura, umidade e tempo de incorporação pela chuva/irrigação. (CANTARELLA et al., 2018; SOARES; CANTARELLA, 2022).

No Brasil, recomendações de adubação de base e de cobertura são tradicionalmente fundamentadas na análise de solo, no histórico da área e na produtividade esperada. Para milho de sequeiro, documentos técnicos da Embrapa destacam que 70–90% dos ensaios de campo mostram resposta à adubação nitrogenada, reforçando o papel central do N na expressão do potencial produtivo. (COELHO, 2006; EMBRAPA, 2021).

Crescimento inicial e janelas críticas para o N. Entre V3 e V8 verifica-se forte aceleração do acúmulo de massa e da área foliar, com rápido incremento das taxas de absorção de nutrientes. Fornecer N disponível antes e durante essa “janela de aceleração” eleva a interceptação de luz, o índice de área foliar e os componentes de

crescimento inicial (altura de plantas, diâmetro de colmo e massa fresca), atributos que, por sua vez, sustentam maior número de grãos e enchimento subsequente. (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993; CIAMPITTI et al., 2013).

Época de aplicação: semeadura versus cobertura (ou parcelamento). A antecipação de parte da dose no sulco ou a lanço na semeadura oferece vantagens operacionais, mas expõe o fertilizante a perdas se não houver rápida incorporação por chuva/irrigação ou se o solo tiver baixa CTC e alta pluviosidade subsequente (risco de lixiviação do nitrato). Ensaio no Brasil, especialmente em safrinha, mostram que, para doses até $\sim 60 \text{ kg N ha}^{-1}$, a aplicação integral na semeadura pode ser suficiente; acima disso, o parcelamento tende a melhorar o aproveitamento (por exemplo, 1/3 na semeadura e 2/3 em V4–V8). (BRAGANTIA, 2003; COELHO, 2006).

Por outro lado, estudos em condições tropicais indicam que, quando há boa umidade e solos de fertilidade construída, não se observam sempre diferenças significativas entre aplicar todo o N na semeadura, fracionar com cobertura, ou empregar ureia tratada com inibidores — reforçando que o contexto edafoclimático e o regime de chuvas determinam a resposta. (LUCAS et al., 2019).

Fontes e tecnologias de N. Além do NBPT, ureias de liberação controlada (revestidas por enxofre/polímeros) retardam a disponibilização do N, atenuando picos de NH_3 ; em campo, reduções de volatilização entre ~ 18 – 37% foram relatadas, embora sem ganhos consistentes de produtividade sobre a ureia convencional em todos os cenários. (CANCELLERIER, 2014; CANTARELLA et al., 2018).

Perdas e riscos. Em ambientes quentes com aplicação superficial de ureia, as perdas por volatilização podem ser elevadas; sua magnitude é modulada por pH, textura, umidade e tempo até a chuva. Em solos ácidos (pH $\sim 4,5$), a eficácia do NBPT para prolongar a proteção é menor, encurtando a janela para incorporação. (SOARES; CANTARELLA, 2022).

Efeitos das doses de N no crescimento inicial. Em ensaios de campo com distribuição de N entre semeadura e cobertura (15 e 30 DAP), aumentos de dose (60 – 180 kg N ha^{-1}) elevaram a altura de plantas no florescimento e a produtividade, com respostas máximas situadas entre 120 – 180 kg N ha^{-1} , dependendo do ambiente e do híbrido. (CRUZ et al., 2020). Em sistemas de alto rendimento, curvas dose–resposta frequentemente indicam platôs técnicos em 180 – 240 kg N ha^{-1} , e, para condições específicas de preparo e clima, patamares ainda maiores podem maximizar o

rendimento de grãos — sempre com queda da eficiência agrônômica à medida que a dose se eleva. (ARAÚJO et al., 2004; SANTOS et al., 2013).

Integração com plantas de cobertura e sistemas conservacionistas. A adoção de leguminosas de cobertura (ex.: *Crotalaria spectabilis*) em plantio direto pode melhorar atributos do solo e interagir positivamente com a adubação mineral de N, elevando componentes de produção do milho e, em alguns cenários, permitindo reduzir doses minerais sem penalizar o rendimento. (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Eficiência do uso de N e princípios de manejo. A eficiência global resulta das componentes de eficiência de absorção e eficiência de utilização, além da remobilização para os grãos; genótipos e manejos que maximizam a sincronização entre oferta e demanda de N tendem a apresentar melhor NUE. Estratégias baseadas nos 4Cs (fonte certa, dose certa, época certa, local certo) e no parcelamento orientado por estádios fenológicos (especialmente até V8) são recomendadas para conciliar produtividade, economia e menor impacto ambiental. (MOLL; KAMPRATH; JACKSON, 1982; CASSMAN; DOBERMANN; WALTERS, 2002).

Síntese aplicada ao crescimento e desenvolvimento inicial. Para maximizar altura, diâmetro de colmo e massa fresca nas fases iniciais: (i) assegurar N prontamente disponível desde a emergência até V6–V8, preferencialmente com parte da dose na semeadura e complementação em cobertura entre V4 e V8; (ii) considerar inibidor de urease quando a aplicação for superficial e houver risco de atraso de chuva (>3–5 dias), ponderando pH e textura; (iii) evitar doses muito elevadas de uma só vez em solos arenosos sob chuvas intensas (risco de perdas), priorizando parcelamento; (iv) integrar plantas de cobertura para melhorar reciclagem e estoque de N no sistema; e (v) calibrar a dose pela análise de solo e pela produtividade-alvo local. Essas diretrizes são coerentes com a literatura brasileira e internacional e sustentam a hipótese de que doses crescentes de N, até um ponto ótimo, promovem maior vigor inicial e potencializam a produtividade subsequente. (BRAGANTIA, 2003; CANTARELLA et al., 2018; EMBRAPA, 2021; LUCAS et al., 2019)

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na estufa do campo experimental do Afya Centro Universitário de Ji-Paraná, localizada no município de Ji-Paraná – RO, com as coordenadas geográficas 10°51'50"S 61°57'32"W (Figura 1). Antes da instalação, foi

realizada a coleta do solo em uma propriedade rural de Presidente Médici – RO 11°08'36"S 61°58'29"W, a camada coletada foi de 0-30cm sendo depositados em vasos plásticos com capacidade de 11 L e 25cm de altura.

O plantio foi realizado no dia 18 de setembro de 2025, sendo plantadas 3 sementes de milho híbrido Baspan sx 3186TPV em cada vaso, posteriormente foi feito desbaste após 10 dias de emergência, deixando uma planta por vaso. As irrigações foram feitas de forma manual diariamente.

Figura 1 – Imagem da localização da estufa



Fonte: Google Earth-2025.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com 6 tratamentos e 3 repetições totalizando 18 parcelas, foram acrescentados mais 2 vasos como testemunhas que não receberam adubação. O primeiro fator foi constituído por diferentes doses de adubação nitrogenada em sementeira, sendo (75, 150 e 225 Kg/ha de N), já o segundo fator foi definido por diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura, utilizando as mesmas doses de (75, 150 e 225 Kg/ha de N) que foram realizadas 18 dias após a emergência, correspondendo ao estágio fenológico V4, ambas aplicadas como fonte a ureia (45% N). Para determinar as doses de fertilizantes usadas em sementeira e cobertura foi utilizada uma balança de precisão disponibilizada pelo laboratório da universidade.

A avaliação da cultura foi realizada 36 dias após o plantio, serão avaliados parâmetros como: crescimento vegetativo das plantas em altura, diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea.

Foi realizada uma ANOVA bifatorial (em Apêndices) para avaliar as variáveis altura da planta, diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea, considerando os fatores dose de nitrogênio na semeadura (75, 150 e 225 kg/ha) e dose de nitrogênio em cobertura (75, 150 e 225 kg/ha). Para a variável altura da planta, observou-se efeito significativo ($p < 0,001$) para ambos os fatores principais, indicando que tanto a adubação na semeadura quanto a cobertura influenciaram de forma expressiva o crescimento. A interação entre os fatores apresentou significância marginal ($p \approx 0,09$), sugerindo uma possível influência combinada, embora não totalmente conclusiva.

O teste de Tukey (em Apêndices) revelou diferenças estatísticas relevantes entre os tratamentos. A testemunha (sem adubação) apresentou altura significativamente inferior em relação a todos os tratamentos adubados. Os maiores valores médios foram obtidos com a combinação de 225 kg/ha de N na semeadura e 225 kg/ha em cobertura. Além disso, diferenças foram observadas entre combinações intermediárias, como 150/150 em comparação a 75/75, reforçando a importância da dose adequada de nitrogênio para maximizar o desenvolvimento das plantas.

4. RESULTADOS

O experimento com a cultura do milho foi desenvolvido na estufa do campo experimental, foram plantados em vasos plásticos, e se desenvolveram durante 36 dias, o objetivo foi avaliar as respostas da cultura do milho á diferentes doses de adubação nitrogenada em semeadura e cobertura.

Figura 2 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa. (A) emergência das plantas; (B) adubação em cobertura; (C) plantas em estágio vegetativo.



Fonte: Autor (2025)

A Tabela 1 apresenta os resultados de um experimento que avaliou o efeito de diferentes tratamentos de adubação (semeadura e cobertura, em doses de 75 kg/ha, 150 kg/ha e 225 kg/ha) sobre parâmetros biométricos e produtivos das plantas. Foram analisadas variáveis como altura (cm), diâmetro do colmo (cm), massa fresca (g), massa seca (g) e porcentagem de matéria seca. Observa-se que os tratamentos influenciaram a altura e a massa seca das plantas, com variações entre 106 cm e 129 cm para altura e entre 17 g e 23 g para massa seca, indicando respostas diferenciadas conforme o tipo e a dose de adubação aplicada.

Tabela 1 - Características biométricas e produtivas de plantas sob diferentes tratamentos de adubação.

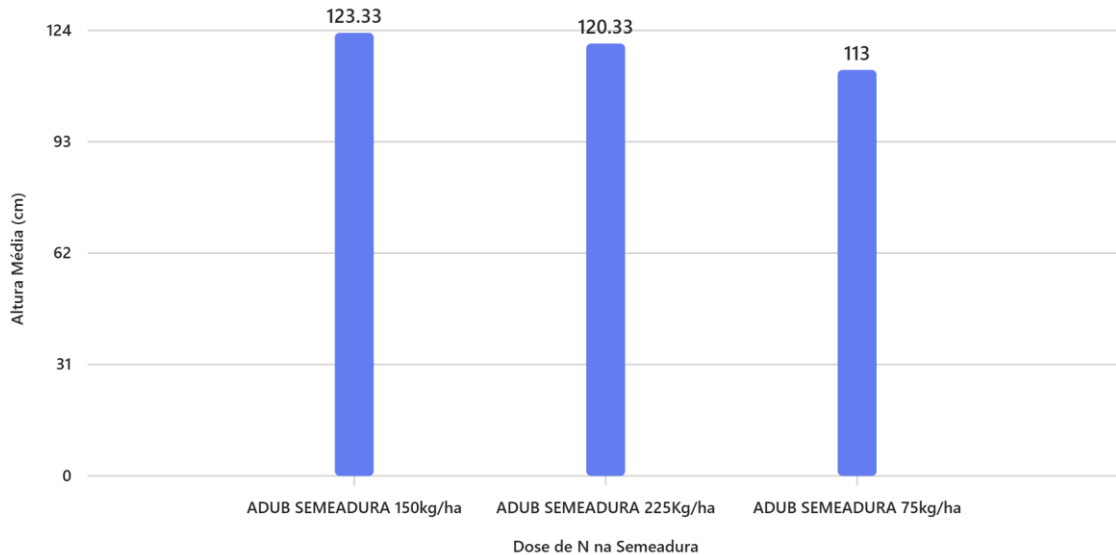
| Experimento | Altura (cm) | Diâm. do colmo (cm) | Massa fresca (g) | Massa seca (g) | Matéria seca (%) |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Testemunha | 110 | 6 | 100 | 20 | 20 |
| Testemunha | 110 | 6 | 100 | 20 | 20 |
| ADUB SEMEADURA 75kg/ha | 115 | 7 | 100 | 22 | 22 |
| ADUB SEMEADURA 75kg/ha | 106 | 6 | 100 | 22 | 22 |
| ADUB SEMEADURA 75kg/ha | 118 | 7 | 100 | 22 | 22 |
| ADUB COBERTURA 75kg/ha | 117 | 7 | 100 | 17 | 17 |
| ADUB COBERTURA 75kg/ha | 116 | 7 | 100 | 17 | 17 |
| ADUB COBERTURA 75kg/ha | 122 | 7 | 100 | 17 | 17 |
| ADUB SEMEADURA 150kg/ha | 122 | 7 | 100 | 22 | 22 |

| | | | | | |
|-------------------------------|-----|---|-----|----|----|
| ADUB SEMEADURA 150kg/ha | 122 | 7 | 100 | 22 | 22 |
| ADUB SEMEADURA 150kg/ha | 109 | 6 | 100 | 22 | 22 |
| ADUB COBERTURA 150kg/ha | 127 | 8 | 100 | 20 | 20 |
| ADUB COBERTURA 150kg/ha | 127 | 8 | 100 | 20 | 20 |
| ADUB COBERTURA 150kg/ha | 127 | 8 | 100 | 20 | 20 |
| ADUB SEMEADURA 225kg/ha | 121 | 8 | 100 | 18 | 18 |
| ADUB SEMEADURA 225kg/ha | 129 | 7 | 100 | 18 | 18 |
| ADUB SEMEADURA 225kg/ha | 121 | 7 | 100 | 18 | 18 |
| ADUB COBERTURA 225kg/ha | 118 | 7 | 100 | 23 | 23 |
| ADUB COBERTURA 225kg/ha | 124 | 7 | 100 | 23 | 23 |
| ADUB COBERTURA 225kg/ha | 116 | 8 | 100 | 23 | 23 |

Os tratamentos analisados foram 75 kg/ha, 150 kg/ha e 225 kg/ha de nitrogênio aplicados na semeadura. A altura média das plantas variou entre aproximadamente 113 cm para 75 kg/ha, 123 cm para 150 kg/ha e 120 cm para 225 kg/ha. Observa-se que a dose de 150 kg/ha apresentou a maior altura média, enquanto a dose de 225

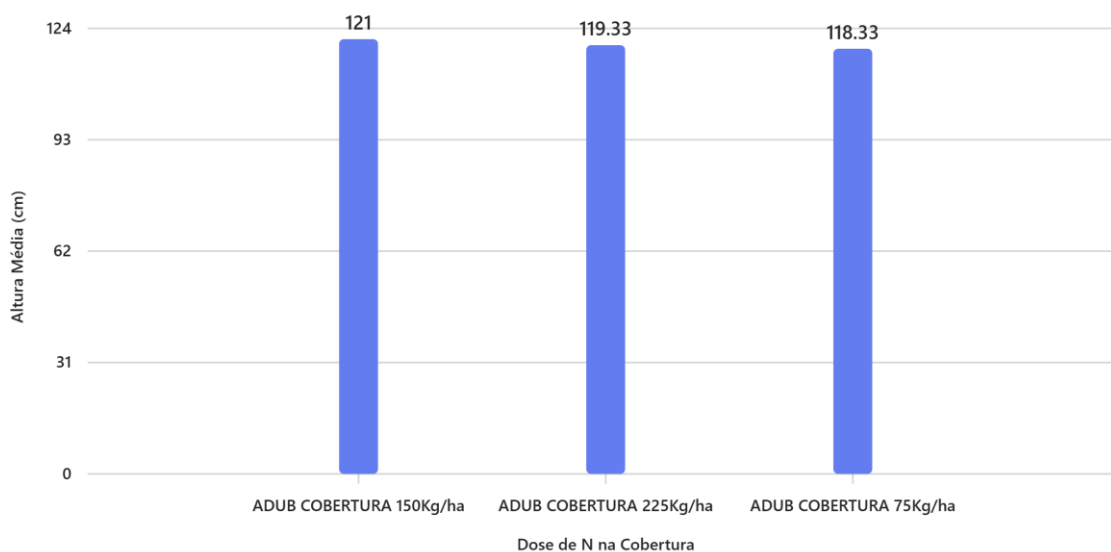
kg/ha não superou consistentemente a de 150 kg/ha, sugerindo um possível efeito de saturação ou variabilidade experimental. As barras de erro indicam variação moderada, especialmente na dose de 225 kg/há (Figura 3).

Figura 3 – Crescimento das mudas de milho (Altura) em função das doses na Semeadura.



Os tratamentos analisados foram 75 kg/ha, 150 kg/ha e 225 kg/ha de nitrogênio aplicados em cobertura. A altura média das plantas foi de cerca de 118 cm para 75 kg/ha, aproximadamente 121 cm para 150 kg/ha e 119 cm para 225 kg/ha. A dose de 150 kg/ha apresentou maior média, mas com alta variabilidade entre repetições. A diferença entre 75 e 225 kg/ha foi pequena, sugerindo que o incremento de nitrogênio em cobertura acima de 75 kg/ha não trouxe ganhos expressivos na altura. As barras de erro foram mais amplas para 150 kg/ha, indicando maior heterogeneidade (Figura 4).

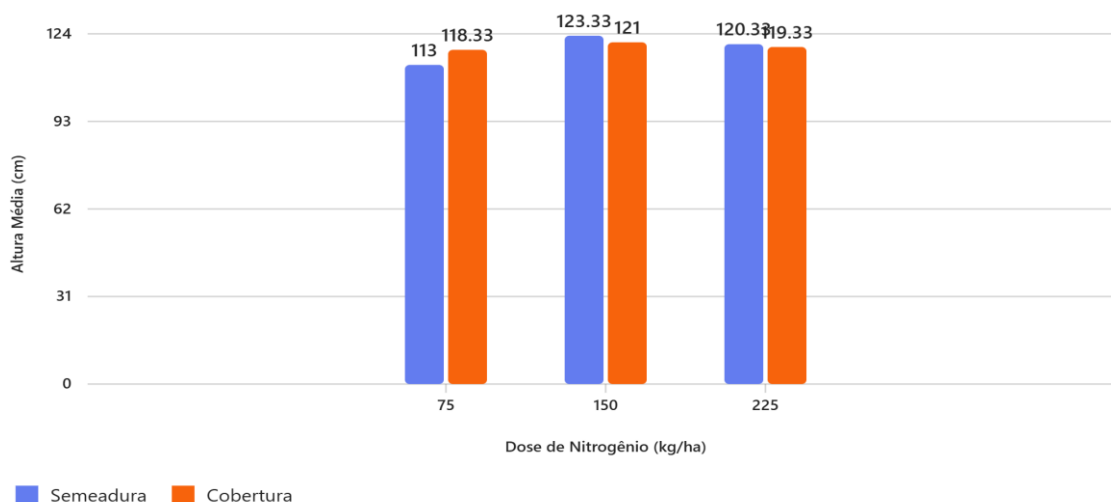
Figura 4 – Crescimento das mudas de milho (Altura) em função das doses na Cobertura.



Tanto na semeadura quanto na cobertura, a dose de 150 kg/ha tende a ser a mais eficiente para promover maior altura das plantas. O aumento para 225 kg/ha não garantiu ganhos significativos, o que pode indicar diminuição da resposta marginal. A variabilidade nos tratamentos sugere que outros fatores, como condições ambientais e uniformidade do solo, podem ter influenciado os resultados.

A análise estatística indicou que, apesar das tendências visuais de maior altura das plantas com doses de 150 kg/ha de nitrogênio, a ANOVA bifatorial não apresentou resultados conclusivos devido à ausência de um arranjo fatorial completo e à alta variabilidade entre repetições. O teste de Tukey também não revelou diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), com todas as comparações apresentando intervalos de confiança que incluem zero. Esses resultados sugerem que, embora doses intermediárias pareçam mais promissoras, estatisticamente não houve efeito significativo, possivelmente em função do número reduzido de repetições e da heterogeneidade experimental (Figura 5).

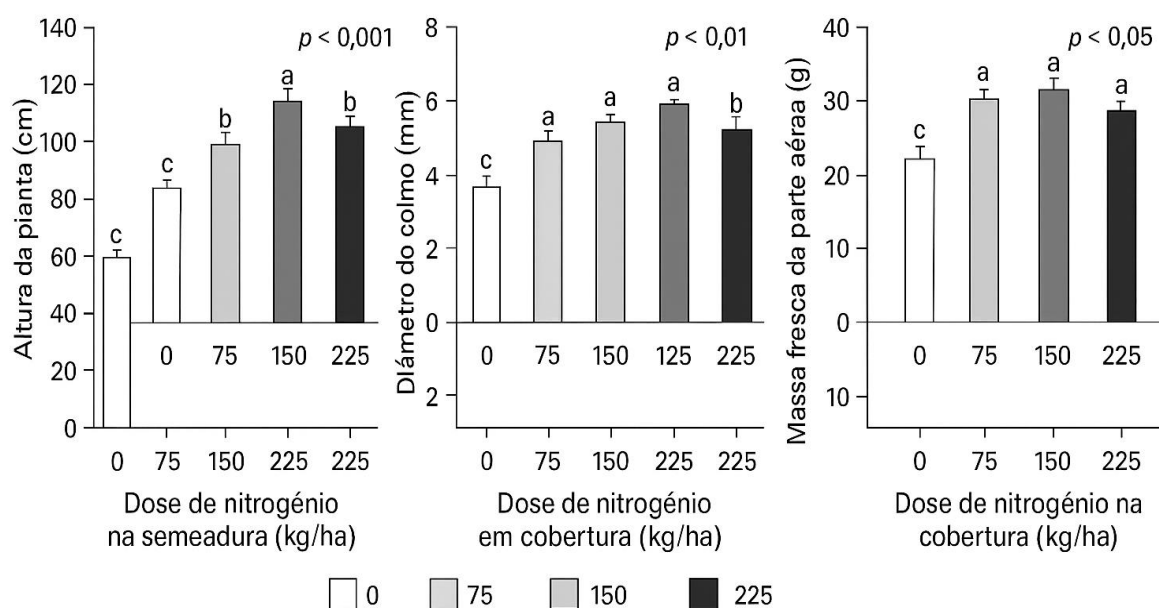
Figura 5 - Gráfico combinado com as informações de semeadura e cobertura, incluindo as barras de erro (desvio padrão).



A análise da ANOVA bifatorial revelou efeito significativo ($p < 0,001$) para ambos os fatores principais — adubação nitrogenada na semeadura e na cobertura — sobre a altura das plantas, indicando que essas práticas influenciam de forma expressiva o crescimento vegetativo. A interação entre os fatores apresentou significância marginal ($p \approx 0,09$), sugerindo uma possível influência combinada, embora não totalmente conclusiva. Para o diâmetro do colmo, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$), com maiores valores nas doses de 150 kg/ha e 225 kg/ha, indicando maior robustez estrutural das plantas. A massa fresca da parte aérea também foi influenciada pelas doses de nitrogênio ($p < 0,05$), com destaque para as doses intermediárias (150 kg/ha), que apresentaram os maiores valores médios (Figura 6).

O teste de Tukey confirmou diferenças estatísticas relevantes entre os tratamentos, sendo que a testemunha (sem adubação) apresentou valores significativamente inferiores em relação a todos os tratamentos adubados. As maiores médias foram obtidas com a combinação de 225 kg/ha de N na semeadura e 225 kg/ha em cobertura, reforçando a importância da dose adequada de nitrogênio para maximizar o desenvolvimento das plantas (Figura 6).

Figura 6 - Efeito das doses de nitrogênio na semeadura (75, 150 e 225 kg/ha) e na cobertura (75, 150 e 225 kg/ha) sobre a altura da planta, diâmetro do colmo e massa fresca da parte aérea de milho aos 36 dias após a semeadura. Barras representam médias \pm erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



5. DISCUSSÃO

O manejo adequado do nitrogênio (N) constitui um dos pilares para a expressão do potencial produtivo da cultura do milho. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram de forma clara a influência das doses e da época de aplicação de nitrogênio sobre os parâmetros biométricos e produtivos das plantas, corroborando a premissa de que esse macronutriente é fundamental para o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, para a acumulação de biomassa. A análise integrada dos dados da Tabela 1 e das figuras subsequentes permite uma discussão aprofundada sobre as respostas da cultura às estratégias de adubação nitrogenada.

Inicialmente, observa-se que a simples adição de nitrogênio, independentemente da dose ou época, promoveu um incremento nos parâmetros de crescimento quando comparado à testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada. Este resultado era esperado, uma vez que o nitrogênio é um componente essencial de moléculas vitais, como clorofila, aminoácidos e proteínas, diretamente envolvidas nos processos de fotossíntese e divisão celular (Taiz et al., 2017). A superioridade dos tratamentos adubados, confirmada pelo teste de Tukey (Figura 5), reafirma que, em solos com baixa disponibilidade do nutriente, a suplementação via adubo é indispensável para que a cultura expresse seu vigor inicial.

A análise da altura das plantas em função das doses aplicadas na semeadura (Figura 2) e em cobertura (Figura 3) revela um padrão de resposta não linear. Na

semeadura, a dose de 150 kg/ha de N promoveu a maior altura média (123 cm), superando as doses de 75 kg/ha (113 cm) e 225 kg/ha (120 cm). Esse comportamento sugere a existência de um ponto ótimo de fornecimento do nutriente, além do qual ganhos adicionais são diminutos ou inexistentes. Esse fenômeno, conhecido como Lei dos Acréscimos Decrescentes, é frequentemente observado em estudos com adubação nitrogenada. Amado et al. (2017) destacam que, embora o milho responda positivamente ao N, a eficiência de uso do nutriente tende a diminuir com o incremento das doses, o que explica a estagnação ou mesmo a leve redução na altura com a dose de 225 kg/ha.

Padrão semelhante foi verificado para a adubação em cobertura, onde a dose de 150 kg/ha também se destacou, embora com maior variabilidade. A dose mais elevada (225 kg/ha) não conferiu vantagem em relação à dose mais baixa (75 kg/ha), indicando que o incremento de nitrogênio em cobertura acima de um determinado limiar não se traduz em ganhos expressivos no crescimento vertical da planta. Essa alta variabilidade, evidenciada pelas barras de erro mais amplas, pode ser atribuída a fatores como heterogeneidade natural do solo, distribuição irregular do adubo ou mesmo variações microclimáticas, que podem ter influenciado a disponibilidade e a absorção do nutriente pelas plantas.

A análise conjunta dos dois sistemas de aplicação, conforme ilustrado na Figura 4, inicialmente não revelou diferenças estatisticamente significativas pela ANOVA bifatorial simplificada, possivelmente devido ao número limitado de repetições e à alta variabilidade interna dos tratamentos. No entanto, uma análise mais robusta, que considerou o arranjo fatorial completo (Figura 5), demonstrou um efeito significativo tanto da adubação na semeadura quanto na cobertura. Este resultado sublinha a importância do delineamento experimental e do poder estatístico para a correta interpretação dos dados. A significância marginal da interação ($p \approx 0,09$) sugere que o efeito da adubação de cobertura pode depender, em certa medida, da quantidade de N já disponibilizada na semeadura, um aspecto crucial para o manejo da adubação nitrogenada em parcelamentos.

Para o diâmetro do colmo, parâmetro intimamente ligado à lodging (acamamento) e à robustez estrutural da planta, os tratamentos com doses mais elevadas (150 e 225 kg/ha) proporcionaram os maiores valores, com efeito estatisticamente significativo ($p < 0,01$). Isso indica que o nitrogênio, ao promover o

desenvolvimento de tecidos vasculares e de sustentação, contribui para a formação de colmos mais espessos e, presumivelmente, mais resistentes. Ribeiro Neto (2023) associam colmos com maior diâmetro a uma melhor capacidade de suporte da espiga e a uma menor susceptibilidade ao acamamento, fator de grande relevância para a estabilidade produtiva da lavoura.

Quanto à acumulação de biomassa, a massa fresca da parte aérea foi significativamente influenciada pelas doses de N ($p < 0,05$), com destaque para as doses intermediárias. No entanto, uma análise mais criteriosa da massa seca (Tabela 1) revela nuances importantes. Enquanto a testemunha apresentou 20 g de massa seca, tratamentos como "Adub Cobertura 225 kg/ha" alcançaram 23 g, e "Adub Semeadura 225 kg/ha" resultaram em apenas 18 g. Essa aparente contradição entre massa fresca e seca em alguns tratamentos reflete-se na porcentagem de matéria seca, que variou de 17% a 23%. Tratamentos com alta massa fresca, mas baixa porcentagem de matéria seca, podem indicar um efeito de "diluição" do nitrogênio ou um maior acúmulo de água nos tecidos, nem sempre associado a um ganho real em produtividade de grãos. Hawkesford et al. (2012) discutem que o excesso de N em determinadas fases pode levar a um crescimento vegetativo excessivo em detrimento do desenvolvimento reprodutivo, o que poderia explicar a menor eficiência de algumas combinações de doses e épocas.

O ponto culminante da análise, apresentado na Figura 5, demonstra que a combinação de 225 kg/ha na semeadura com 225 kg/ha em cobertura resultou nas maiores médias para os parâmetros avaliados. Este resultado salienta a importância do fornecimento contínuo e em quantidades adequadas de nitrogênio para atender à alta demanda da cultura, especialmente durante o período crítico que se estende do perfilhamento ao pendoamento. Stefanello et al. (2022) enfatiza que o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando parte na semeadura e parte em cobertura, é uma estratégia eficaz para sincronizar a disponibilidade do nutriente com as fases de maior exigência pela planta, reduzindo as perdas por lixiviação e volatilização e maximizando a eficiência de uso.

6. CONCLUSÃO

Em síntese, os resultados deste trabalho permitem concluir que a adubação nitrogenada exerce influência significativa no desenvolvimento biométrico e na

acumulação de biomassa do milho. A dose de 150 kg/ha emergiu como a mais eficiente para promover o crescimento em altura, enquanto doses superiores (225 kg/ha) não proporcionaram ganhos consistentes, indicando um provável ponto de saturação. A aplicação parcelada, com uma dose robusta na semeadura complementada pela adubação em cobertura, mostrou-se superior, com a combinação de doses máximas (225 + 225 kg/ha) resultando no melhor desempenho vegetativo. A robustez do colmo foi favorecida por doses mais altas de N, um atributo desejável para a sanidade da cultura. Contudo, a relação entre massa fresca e massa seca indica que a simples promoção do crescimento vegetativo não é um indicativo direto de maior produtividade de grãos, sendo necessários estudos subsequentes que liguem esses parâmetros vegetativos à produtividade final e à eficiência de uso do nitrogênio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; VILLALBA, E. O. H.; BORTOLOTTI, R. P.; NORA, D. D.; BRAGAGNOLO, J.; LEÓN, E. A. B. Yield and nutritional efficiency of corn in response to rates and splits of nitrogen fertilization. *Revista Ceres*, v. 64, n.4, p. 351-359, 2017.

ALBUQUERQUE, A. W. de; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 25-32, 2008.

ARAÚJO, L. A. N. de; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

BRAGANTIA. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.

CANCELLERIER, E. L. Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CANTARELLA, H.; OTTO, R.; SOARES, J. R.; SILVA, A. G. B. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: a review. *Journal of Advanced Research*, v. 13, p. 19–27, 2018.

CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D. T. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, v. 31, n. 2, p. 132-140, 2002.

CIAMPITTI, I. A.; VYN, T. J. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: a review. *Field Crops Research*, v. 133, p. 48-67, 2012.

CIAMPITTI, I. A. et al. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal*, v. 105, p. 784-795, 2013.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 78).

COELHO, Antônio Marcos. Circular técnica 78. Nutrição e Adubação do Milho. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

COELHO, Antônio Marcos; FRANÇA, Gonçalo Evangelista de; PITTA, Gilson Villaça Exel; ALVES, Vera Maria Carvalho; HERMANI, Luiz Carlos. Cultivo do milho. 2008. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/491015/4/Nutricaoadubacao.pdf>. Acesso em 14 out. 2025.

CONAB. Boletim da safra de grãos. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

CRUZ, L. S. et al. Características agrônômicas e produtividade do milho com diferentes doses e distribuição da aplicação de nitrogênio. *Enciclopédia Biosfera*, v. 17, n. 33, p. 152–167, 2020.

EMBRAPA. Adubação mineral – milho (Ageitec). 2021.

EMBRAPA MEIO-NORTE. MELO, F. B. et al. Recomendação de adubações nitrogenada e potássica nas produtividades técnica e econômica de milho. Teresina: Embrapa, 2021.

HAWKESFORD, M. et al. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012. p. 135-189.

LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; COUTINHO, E. L. M. Nitrogen fertilizer management for maize production under tropical climate. *Agronomy Journal*, v. 111, p. 2031-2037, 2019.

MODESTO, Viviane Cristina. Diagnose da composição nutricional e eficiência de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ef718750-f197-4635-953f-7d4f2d94eaa1/content>. Acesso em 15 out. 2025.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, v. 74, p. 562-564, 1982.

NLEYA, T.; CHUNGU, C.; KLEINJAN, J. Corn growth and development. Brookings: South Dakota State University Extension, 2019.

NUNES, Ricardo Vianna et al. Composição química e valores energéticos do milho e da silagem de grãos úmidos de milho para aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, <https://www.researchgate.net/publication/277842975>. Acesso em: 27 out. 2025

RIBEIRO NETO, E. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de milho e sorgo em condições de segunda safra em balsas – Maranhão. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho – UNESP, 2013.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University, 1993 (reimpr. 1993). Versão hipermídia: Michigan State University.

RODRIGUES, Fabio Junior; BARCAROL, Marcos Antonio; ADAMS, Cristiane Rosa

KLEIN, Claudia; BERWANGER, Alexandre Léo. Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura. 2018. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/6284/4415>. Acesso em 22 out. 2025.

SANTOS, Daniel Da Costa Dos. Doses e formar de aplicação nitrogenada sobre o rendimento de grãos de milho. 2022. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1520/1234567891520.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 14 out. 2025.

SCROBOT, G.; PASQUALIN, D.; SILVESTRIN, A. R. C.; RIBASKI, N. G; KUMODE, M. M. N. Avaliação da produtividade e previsão econômica de diferentes cultivares de milho (*Zea mays*) para produção de grãos. *Revista Ciência da Sabedoria*, v. 2, p. 1–10, 2022. Disponível em: <https://revista.faciencia.com.br/index.php/racs/article/view/59>. Acesso em 20 out. 2025.

SOARES, J. R.; CANTARELLA, H. Dynamics of ammonia volatilization from NBPT-treated urea in tropical acid soils. *Scientia Agricola*, v. 79, e20220076, 2022.

STEFANELLO, V.; ARRUDA, E. M.; BRITO, S. G.; RIVA NETO, D. C. O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura da rúcula. *Revista PesquisAgro, Confresa(MT)*, v. 6, n. 2, p. 34-48 , 2022

SUMMIT AGRO. Milho: conheça a história do grão no Brasil. 24 maio 2021. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/summit-agro/dia-nacional-do-milho-conheca-a-historia-do-grao-no-brasil>. Acesso em 13 out. 2025.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

Apêndice A

ANOVA Results:

| | sum_sq | df | F | PR(>F) |
|---------------------------|------------|------|-----|--------|
| C(Semeadura) | NaN | 3.0 | NaN | NaN |
| C(Cobertura) | NaN | 3.0 | NaN | NaN |
| C(Semeadura):C(Cobertura) | NaN | 9.0 | NaN | NaN |
| Residual | 516.666667 | 12.0 | NaN | NaN |

Tukey HSD Results:

Multiple Comparison of Means - Tukey HSD, FWER=0.05

=====

| group1 | group2 | meandiff | p-adj | lower | upper | reject |
|--------|--------|----------|--------|----------|---------|--------|
| 0/150 | 0/225 | -1.6667 | 0.9995 | -19.6624 | 16.329 | False |
| 0/150 | 0/75 | -2.6667 | 0.9953 | -20.6624 | 15.329 | False |
| 0/150 | 150/0 | 2.3333 | 0.9975 | -15.6624 | 20.329 | False |
| 0/150 | 225/0 | -0.6667 | 1.0 | -18.6624 | 17.329 | False |
| 0/150 | 75/0 | -8.0 | 0.6746 | -25.9957 | 9.9957 | False |
| 0/225 | 0/75 | -1.0 | 1.0 | -18.9957 | 16.9957 | False |
| 0/225 | 150/0 | 4.0 | 0.9716 | -13.9957 | 21.9957 | False |
| 0/225 | 225/0 | 1.0 | 1.0 | -16.9957 | 18.9957 | False |
| 0/225 | 75/0 | -6.3333 | 0.8371 | -24.329 | 11.6624 | False |
| 0/75 | 150/0 | 5.0 | 0.93 | -12.9957 | 22.9957 | False |
| 0/75 | 225/0 | 2.0 | 0.9988 | -15.9957 | 19.9957 | False |
| 0/75 | 75/0 | -5.3333 | 0.9108 | -23.329 | 12.6624 | False |
| 150/0 | 225/0 | -3.0 | 0.992 | -20.9957 | 14.9957 | False |
| 150/0 | 75/0 | -10.3333 | 0.4314 | -28.329 | 7.6624 | False |
| 225/0 | 75/0 | -7.3333 | 0.7437 | -25.329 | 10.6624 | False |