



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRONÔMICA**

GRAZIELLE PEREIRA MASCARENHAS

**USO DO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO PARA O MANEJO DA
ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO**

**LAGOA DA CONFUSÃO – TO
2025**

GRAZIELLE PEREIRA MASCARENHAS

**USO DO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO PARA O MANEJO DA
ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica da Unidade Lagoa da
Confusão, do Instituto Federal do Tocantins, como
exigência à obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Coorientador: Dr^a. Patrícia Resplandes Rocha dos
Santos

**LAGOA DA CONFUSÃO – TO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M395u Mascarenhas, Grazielle Pereira
USO DO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO PARA O
MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO / Grazielle
Pereira Mascarenhas. – Lagoa da Confusão, TO, 2025.
32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO,
2025.

Orientador: Dr. Edmar Vinicius de Carvalho

Coorientadora: Dra. Patrícia Resplandes Rocha Dos Santos

1. ISN. 2. Nitrogênio. 3. Clorofila. I. de Carvalho, Edmar Vinicius.
II. Resplandes Rocha Dos Santos, Patrícia. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “*USO DO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO*”

AUTOR (A): **Grazielle Pereira Mascarenhas**

ORIENTADOR (A): **Edmar Vinicius de Carvalho**

CO-ORIENTADOR (A): **Patrícia Resplandes Rocha dos Santos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Lagoa da Confusão*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Edmar Vinicius de Carvalho
Orientador

Patrícia Resplandes Rocha dos Santos
Co-orientadora - Avaliadora 1

Joao Paulo de Oliveira Santos
Avaliador 2

Aprovado em 27 de junho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Edmar Vinicius de Carvalho, Servidor**, em 27/06/2025, às 15:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo de Oliveira Santos, Usuário Externo**, em 27/06/2025, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Resplandes Rocha dos Santos, Usuário Externo**, em 27/06/2025, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2819377** e o código CRC **1F0345C1**.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me guiar até aqui. Á minha família que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

RESUMO

O milho é uma das principais culturas no Brasil, que é produzida de diversas formas e sistemas. Na região das várzeas tropicais, o plantio do milho em sucessão a produção de sementes de soja é uma alternativa ao cultivo do arroz durante o período das chuvas. No entanto, é necessária a condução de estudos agrícolas por várias safras com o objetivo de determinar estratégias de manejo nutricional que sejam eficientes e rentáveis. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o índice de suficiência de nitrogênio na cultura do milho com diferentes doses e formas de aplicação. O experimento de campo foi conduzido na região das várzeas tropicais, em esquema fatorial com 5 doses de nitrogênio (50, 90, 130, 170 e 210 kg ha⁻¹) e 4 formas de aplicação: 1 – 100% na semeadura e incorporado; 2 – 100% em cobertura e em dose única no estágio V4; 3 – 100% em cobertura e em dose única no estágio V8; e 4 – 100% em cobertura e parcelado (50% da dose em V4 e 50% em V8). Foi conduzido sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e a utilização de híbrido XB6444 VTPRO4. As avaliações do teor de clorofila foliar foram realizadas nos estágios V6 até R3, para determinação do índice de suficiência de nitrogênio. O teor de clorofila demonstrou que as formas de aplicação de N tiveram maior influência sobre o índice de suficiência de nitrogênio do que as doses utilizadas. Dessa forma, a aplicação de N via semeadura (100%) e o parcelamento em (50% V4 + 50% V8) mostraram-se mais eficiente.

Palavras-chave: ISN. Nitrogênio. Clorofila

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

One of the main crops in Brazil, which is produced in different ways and systems, is corn. In the tropical floodplain region, planting corn in succession to soybean seed production is an alternative to growing rice during the rainy season. However, it is necessary to conduct agricultural studies over several harvests in order to determine nutritional management strategies that are efficient and profitable. Thus, the present work aims to evaluate the nitrogen sufficiency index in corn crops with different doses and forms of application. A field experiment was conducted in the tropical floodplain region, in a factorial scheme with 5 nitrogen doses (50, 90, 130, 170 and 210 kg ha⁻¹) and 4 application methods: 1 – 100% at sowing and incorporated; 2 – 100% as topdressing and in a single dose between stage V4; 3 – 100% as topdressing and in a single dose between stage V8; and 4 – 100% as topdressing and in splits (50% of the dose at V4 and 50% at V8). It was conducted under the block design block design with four replications and the use of hybrid XB6444 VTPRO4. Leaf chlorophyll content was assessed at stages V6 to R3 to determine the nitrogen sufficiency index. The chlorophyll content demonstrated that the forms of N application had a greater influence on the nitrogen sufficiency index than the doses used. Thus, sowing (100%) and N splitting (50% V4 + 50% V8) proved to be more efficient.

Key-words: ISN. Nitrogen. chlorophyll.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Temperaturas mínimas e máximas 34,47 e 23,44 respectivamente, e precipitação mensais de setembro a fevereiro foi de 1.347, em Lagoa da Confusão - TO	18
Figura 2 – Gráfico de umidade no período de desenvolvimento da cultura, 2024/25	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de solo da área do experimento	19
Tabela 2 – Cronograma de Atividades do Projeto de Pesquisa.....	23
Tabela 3 – Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) avaliado em diferentes estágios fenológicos da cultura do milho avaliada sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, 2024/25.....	24
Tabela 4 – Correlação de Pearson entre Índice de suficiência de nitrogênio com a produtividade da cultura do milho avaliada sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, 2024/25.	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	METODOLOGIA	18
3	ORÇAMENTO	22
4	CRONOGRAMA	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
7	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é uma das principais culturas no Brasil, sendo cultivado em mais de 20 milhões de hectares na safra 2024/2025 (CONAB, 2025), com destaque ao cultivo de safrinha (2º safra) e em sucessão ao cultivo da soja, como forma de explorar melhor o solo ao longo do ano (Oligini *et al.*, 2021).

Essa gramínea é uma planta C4, com excelente eficiência fotossintética e capacidade de se adaptar satisfatoriamente em uma ampla variedade de ambientes, incluindo os trópicos, subtropicos e zonas temperadas (Erenstein *et al.*, 2022). O milho possui crescimento herbáceo e seu ciclo é bastante variado e dependente das condições edafoclimáticas dos ambientes de cultivo (Lima *et al.*, 2020).

No sudeste do Tocantins de maneira específica, o cultivo de milho nas várzeas tropicais do estado, após a colheita dos campos de sementes de soja na entressafra (que ocorre entre agosto e setembro), é uma alternativa ao cultivo do arroz no período das chuvas. Ainda o Tocantins apresenta uma área plantada de 405 mil hectares na safra 2024/2025 (CONAB, 2025).

Um dos fatores chave para o sucesso do cultivo do milho é a adubação nitrogenada, tendo o nitrogênio (N) como um dos nutrientes mais demandados pela cultura. A presença desse nutriente está associada ao crescimento vegetativo, mecanismos da fotossíntese, além de estar presente nas moléculas de clorofila, aminoácidos, DNA, citocromos e de todas as enzimas e coenzimas (Fancelli; Dourado Neto, 2000).

A principal fonte de nitrogênio é a ureia, devido a sua elevada concentração de N ($\pm 45\%$), possibilitando vários benefícios como a otimização dos custos com transporte e sua forma de aplicação. Entretanto, a ureia apresenta grande potencial de perda de NH_3 por volatilização (Civardi *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2012), que torna necessário a aplicação de técnicas de manejo aperfeiçoadas para evitar perdas como o NBPT (N-(n-butil) triamida tiofosfórica) que utiliza inibidores de urease, e outros produtos que possuem diferentes polímeros em sua composição (Frazão *et al.*, 2014).

Ao utilizar a ureia, visa-se aumentar a quantidade de N absorvida pelas plantas e ao mesmo tempo diminuir as perdas ocorridas (Silva *et al.*, 2005). Assim, independentemente do método de aplicação do N no solo (incorporado ou a lanço), o desejável é que o N seja dissolvido o mais rápido possível no solo (Ferrara *et al.*, 2014).

Na obtenção de altas produtividades, o manejo da adubação nitrogenada representa um fator chave, considerando que a deficiência desses nutrientes restringe o crescimento, desenvolvimento vegetal (Lyra *et al.*, 2014) e a produtividade de grãos (Oliveira *et al.*, 2016).

De maneira geral, há um consenso na literatura sobre os efeitos positivos da adubação nitrogenada no aumento de produção na cultura do milho (Rambo *et al.*, 2010; Lyra *et al.*, 2014; Maresma *et al.*, 2020). No entanto, em função das condições de cultivo, a dose de nitrogênio adequada poderá ser diferente. Por exemplo, estudos realizados por Lyra *et al.*, (2014) e Maresma *et al.*, (2020) apontam que doses de nitrogênio entre 161 a 188 kg ha⁻¹ promoveram o máximo de retorno econômico. No entanto, Carvalho *et al.*, (2017) e Carvalho *et al.*, (2023), destacam que a resposta do milho à adubação pode variar de acordo com a genética da planta e as condições locais.

Além da influência na produtividade, a clorofila também tem influência pois ela se correlaciona com o teor de nitrogênio. A clorofila atua como o principal pigmento fotossintético nas plantas, capturando fótons da luz solar e iniciando as reações químicas que levam à produção de glicose e oxigênio (Streit *et al.*, 2005). É responsável por constituir cerca de 50 a 70% de todo N presente nas folhas das plantas (Pan *et al.*, 2004).

Dessa forma, uma das formas de medir a clorofila é através de um aparelho chamado clorofilômetro. O desenvolvimento desse aparelho fornece uma leitura instantânea e não destrutiva da concentração relativa de clorofila nas folhas, positivamente correlacionada com a concentração de N (Silveira *et al.*, 2003; Barbosa Filho *et al.*, 2008), é uma alternativa para a determinação dos níveis de N nas plantas.

O medidor portátil de clorofila é fácil de usar e pode ser uma ferramenta importante para decidir quando o suprimento de N é necessário (Hussain *et al.*, 2000; Barbosa Filho *et al.*, 2008, 2009). O funcionamento do medidor é simples e se baseia em diodos que emitem luz (faixas de 650-940 nm) através da folha para fornecer uma medição indireta da concentração relativa de clorofila, expressa como índice relativo de clorofila (IRC) (Nunes, 2003).

Para testar o teor relativo de clorofila, Barbosa Filho *et al.*, (2008, 2009) propuseram a criação de uma área de referência na plantação, fertilizada com base nas leituras do medidor de clorofila. A dose a ser aplicada na área de referência deve ser alta, de 1,8 a 2 vezes a dose recomendada para a cultura, de modo que produza

uma concentração máxima de clorofila nas folhas e garantindo que nenhuma deficiência de N possa ocorrer (Hussain *et al.*, 2000).

O índice de suficiência de N (ISN) é calculado usando a razão do IRC nas folhas da cultura pelas folhas na área de referência (sem deficiência de N), de modo que o N possa ser aplicado sempre que o ISN da planta da cultura cair abaixo de 90% do ISN na área de referência (Maia *et al.*, 2012). Por outro lado, estudos de Blackmer e Schepers, (1994) e Varvel *et al.*, (1997) estabeleceram o limite de deficiência de N em 95% para esta cultura.

De acordo com Varvel *et al.*, (1997), se o ISN estiver abaixo de 90% no estágio de 8 folhas do milho, a deficiência de N não pode ser corrigida pela aplicação de N em cobertura para maximizar a produtividade.

Considerando a importância da sustentabilidade e da eficiência no uso de recursos na agricultura moderna, este trabalho se justifica pela necessidade de avaliar estratégias de adubação nitrogenada baseadas no ISN como ferramenta de apoio à tomada de decisão, visando o aumento da produtividade do milho e à redução de desperdícios de insumos. A pesquisa contribui com informações aplicáveis ao campo, especialmente no sudeste do Tocantins, onde o cultivo do milho na entressafra em áreas de várzeas tropicais, está em expansão e exige práticas de manejo mais precisas e sustentáveis.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o índice de suficiência de nitrogênio na cultura do milho com diferentes doses e forma de aplicação.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em Lagoa da Confusão, na região das várzeas tropicais do Tocantins (10° 50' 11" S, 49° 33' 21" W, 187 m), em sucessão ao cultivo de feijão Caupi branco. O clima da região é do tipo C2wA'a" - úmido sub úmido com moderada deficiência hídrica, segundo a classificação de Köppen (SEFAZ, 2019).

Ainda, durante todo o período dos experimentos 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. Ainda no decorrer de todo o experimento foi realizado o monitoramento da umidade do solo pelo método da umidade atual (Viana *et al.*, 2017), com coletas semanais (Figura 2).

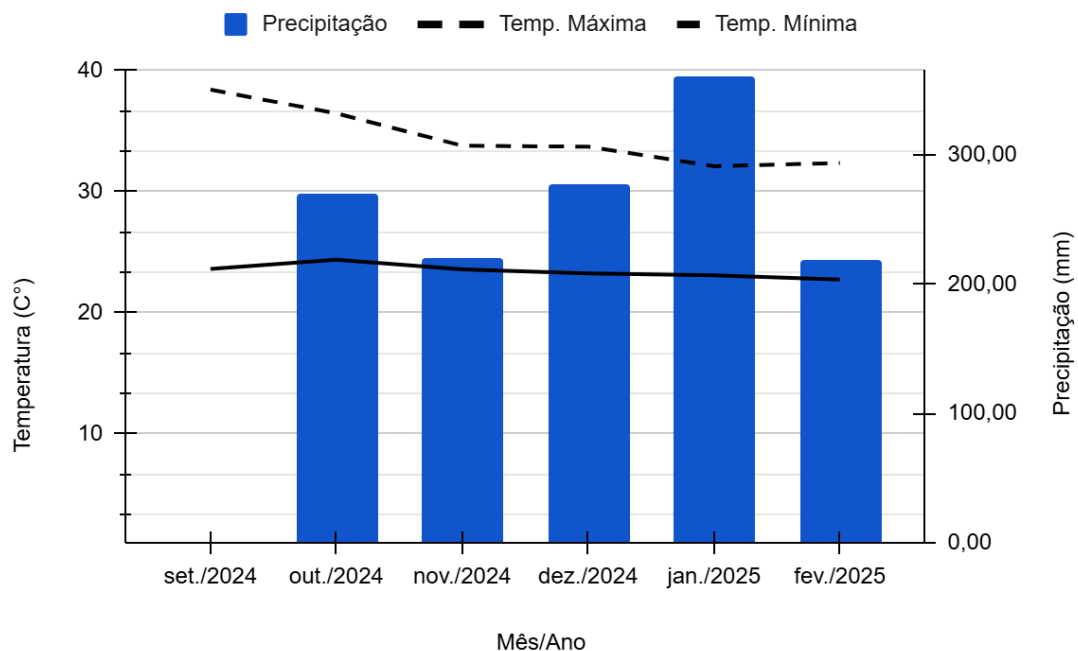


Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas 34,47 e 23,44 respectivamente, e precipitação mensais de setembro a fevereiro foi de 1.347, em Lagoa da Confusão - TO

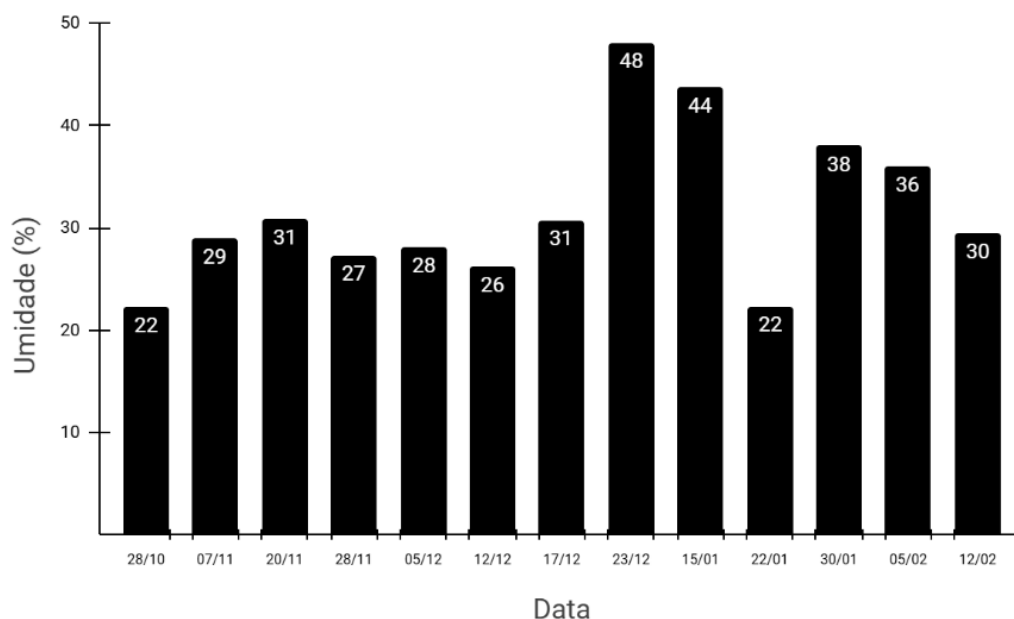


Figura 2. Gráfico de umidade no período de desenvolvimento da cultura, 2024/25.

Os resultados da análise de solo, na camada de 0-20 cm estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de solo da área do experimento.

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al
CaC12	mg dm-3			cmolc dm-3			
5,5	1,2	6,0	39	0,9	0,3	0,0	1,60
M.O	C.O.	SB	CTCt	V	Argila	Silte	Areia
dag kg-1		cmol dm-3		(%)			
1,2	0,7	1,30	2,9	45,0	15	7,5	77,5

M.O. = Matéria Orgânica. C.O. Carbono Orgânico. SB = Soma de bases. V = Saturação de bases.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x4 (dose de nitrogênio em cobertura; forma de aplicação) e quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50 m - com utilização do híbrido XB6444 VTPRO4, de ciclo precoce. Para a área útil da parcela foram desconsiderados 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas extremas, adotando uma população de 58.000 plantas ha⁻¹.

A semeadura foi realizada em 29 de outubro de 2024, de acordo com o adotado

na região e após a colheita do feijão, com adubação de base de 100 kg de MAP (11% de nitrogênio e 52% fósforo) e 100 kg KCL (60% de K₂O), por hectare. Em relação aos tratos culturais (manejo de pragas, doenças e plantas daninhas), eles foram realizados assim que se fizeram necessários, seguindo as recomendações técnicas da cultura do milho e da propriedade rural (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000).

As doses de nitrogênio em cobertura utilizadas foram: 50, 90, 130, 170, 210, kg de N por hectare. Em relação às formas de aplicação, estas foram: 1 – 100% na semeadura e incorporado; 2 – 100% em cobertura e em dose única entre o estágio V4; 3 – 100% em cobertura e em dose única entre no estágio V8; e 4 - 100% em cobertura e parcelado (50% da dose em V4 e 50% em V8). Em todas as situações foi utilizada como fonte de nitrogênio a ureia protegida (46% de N) com inibidores que reduzem a perda de nitrogênio por volatilização.

Foi implantada a parcela de referência com o mesmo híbrido do ensaio, com 20 linhas de 25 m seguindo o proposto por Blackmer e Schepers (1994), com o objetivo de avaliar o estado nutricional do milho por meio do Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN). As parcelas de referência tiveram dimensões de 20 linhas de 25 metros de comprimento cada, utilizando a dosagem de 500 kg de N por ha, com aplicações semanais a partir do estágio V4.

As avaliações do teor de clorofila foliar foram realizadas nos estágios V6, V8, VT, R1, e R3, conforme a seguir:

- índice de clorofila foliar: coletado com o uso de clorofilômetro eletrônico portátil clorofilLOG (Falker) com leituras realizadas no terço superior da última folha expandida ou na folha abaixo e oposta à espiga (após R1) de três plantas por parcela e com uma leitura por planta (adaptado de Hurtado et al., 2011).

Com os dados do teor clorofila, foi obtido para cada parcela e estágio o índice de suficiência de nitrogênio (ISN) por meio da divisão entre a média do teor de clorofila da parcela e a média do teor de clorofila da parcela de referência, com os resultados expressos em %.

No estágio R6, momento em que ocorre a maturação fisiológica, foi realizada a colheita de plantas da área útil da parcela, para determinação da produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, corrigida a 13% de teor de umidade.

Os dados de ISN em cada estágio foram primeiramente submetidos ao teste de normalidade, para verificação do atendimento aos pressupostos para as demais

análises e da necessidade ou não de realização da transformação dos dados. Após, foi realizada análise de variância ($p \leq 0,05$) em blocos ao acaso e no esquema fatorial 5x4. Em sequência, os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura foram estudados por análise de regressão e a diferença entre as demais fontes de variação avaliadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Adicionalmente, foi realizada análise de correlação linear de Pearson entre a produtividade de grãos e o ISN de cada estágio de desenvolvimento vegetal, com aplicação do teste t ($p \leq 0,05$).

3 ORÇAMENTO

Para a implantação do experimento, foi considerado um custo médio para contratação de protocolos de campo na região. O valor médio por tratamento é de R\$ 2.000,00 e considerando um total de 20 tratamentos (vide metodologia), o custo total é de R\$ 40.000,00.

O valor total considera os gastos com: Sacos de papel kraft, saco plástico, bandeirinhas, garrafas, Caneta, Pincéis, Pranchetas, clorofilômetro, sementes, ureia, Produtos químicos, Produtos biológicos, Adjuvantes, Barbantes, Trenas, Gasolina, Map, KCL e estagiário. Para a realização das seguintes atividades: delineamento experimental, plantio do experimento, adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, análise de clorofila e transporte, onde demais itens foram utilizados em todas as etapas citadas acima, como garrafa de água, caneta, prancheta, etc.

4 CRONOGRAMA

Tabela 2. Cronograma de Atividades do Projeto de Pesquisa.

Atividade	2024					2025				
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Planejamento	X	X								
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Implantação		X								
Condução do experimento		X	X	X	X	X				
Aplicação dos tratamentos		X	X	X						
Colheita e Avaliações (R6)						X	X			
Tabulação e análise de dados						X	X			
Escrita do TCC						X	X	X	X	X

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à ausência de significância da interação entre formas e doses de aplicação de N, os efeitos principais foram avaliados separadamente com base nas análises variância, teste de médias e regressão, respectivamente, ao nível de 5% de significância.

Nos estágios fenológicos V6, V8 e Vt foram observados efeitos significativos para diferentes formas de aplicação, com exceção do estágio R1 (Tabela 3), no índice de suficiência de nitrogênio. Na avaliação feita em V6, o tratamento que recebeu N em V8 apresentou menor valor (0,84) e que se explica pelo fato que nessa época não houve aplicação de nitrogênio (N).

Tabela 3. Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) avaliado em diferentes estágios fenológicos da cultura do milho avaliada sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, 2024/25.

Forma	ISN - V6	ISN - V8	ISN - Vt	ISN - R1
Semeadura	0,93 a	1,07 ab	0,93 a	0,92 a
V4	0,93 a	1,06 ab	0,89 b	0,89 a
V8	0,84 b	1,01 b	0,86 b	0,90 a
V4-V8*	0,91 a	1,08 a	0,94 a	0,94 a
Dose (kg/ha)	ISN - V6	ISN - V8	ISN - Vt	ISN - R1
50	0,89 a	1,06 a	0,91 a	0,90 a
90	0,90 a	1,04 a	0,91 a	0,88 a
130	0,89 a	1,06 a	0,89 a	0,91 a
170	0,91 a	1,05 a	0,91 a	0,93 a
210	0,89 a	1,06 a	0,90 a	0,92 a
CV	7,72%	5,98%	7,84%	6,57%

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna, não apresentam diferenças significativas a 5 % pelo teste Tukey.*fornecimento parcelado com 50% em v4 e 50% em v8.

No florescimento masculino (Vt), as formas de aplicação que proporcionaram os maiores Índice de Suficiência de Nitrogênio foram o fornecimento do N todo na semeadura (0,93) e o fornecimento parcelado com 50% em V4 e 50% em V8 (0,94). Por outro lado, nas avaliações feitas no florescimento feminino (R1), as formas de aplicação não apresentaram diferença significativa.

No Índice de suficiência de nitrogênio em V8, a forma de aplicação parcelada

(50% V4 + 50% V8 - 1,08) obteve diferença significativa em comparação à aplicação realizada apenas no estágio V8 (1,01), porém a forma em V8 apresentou resultados similares à semeadura (1,07) e V4 (1,06) não diferindo estatisticamente destas.

No Índice de suficiência de nitrogênio no estágio V8, observou-se um aumento significativo em todas as formas de aplicação. Esse comportamento pode estar relacionado ao pico de absorção de nitrogênio pela planta, conforme relatado por Bull (1993), resultado numa maior resposta na síntese de clorofila. No entanto, outros autores relataram resultados divergentes, com valores de ISN relativamente baixos em V8 quando comparados a estágios mais avançados (Gruzka *et al.*, 2017; Hurtado *et al.*, 2010; Rambo *et al.*, 2010). Tal comportamento também pode ser explicado em função ao acúmulo de teores de clorofila nas folhas da cultura do milho nesse estágio de desenvolvimento (Costa *et al.*, 2001).

No florescimento masculino (Vt), o índice de suficiência de nitrogênio nas formas de aplicação V4 (0,89) e V8 (0,86) indicou que os valores obtidos no clorofilômetro estão abaixo do considerado adequado que é de 0,90, conforme estabelecido por Maia *et al.*, (2012). Segundo Varvel *et al.* (1997), quando o ISN é inferior a 0,90 a partir do estágio de oito folhas desenvolvidas a produtividade ideal não será alcançada.

No florescimento feminino (R1), o índice de suficiência de nitrogênio nas formas de semeadura (0,92), V8 (0,90) e parcelado entre V4-V8 (0,94) apresentaram ótimos resultados com o índice acima de 0,90. No entanto, na aplicação em V4, embora não tenha apresentando diferença estatística em relação às demais formas, o índice foi inferior ao adequado (0,89) e que pode indicar deficiência de N, possivelmente devido a perdas por lixiviação após a aplicação total feita neste estágio (Kluthcouski *et al.*, 2006).

A planta em V4 se apresenta ainda em desenvolvimento, tanto em sua parte aérea quanto no sistema radicular, ou seja, a planta possui menor área de raiz, interferindo assim, na absorção de nutrientes. É importante destacar que ainda na fase inicial de quatro folhas, é definido o potencial produtivo da cultura do milho (Ritchie *et al.*, 2003). Além disso, segundo Argenta *et al.* (2001), leituras efetuadas com clorofilômetro, nos estágios iniciais de desenvolvimento do milho podem apresentar menor precisão nutricional da planta quanto ao nitrogênio.

Cabe destacar que o índice de suficiência de nitrogênio foi mais influenciado pelas formas de aplicação do que pelas doses de nitrogênio, com destaque às formas

semeadura (100%) e parcelada (50% V4 + 50% V8) que obtiveram valores do ISN acima de 0,90 nos estádios V6, V8, Vt e R1. O parcelamento e a época de aplicação de N é uma alternativa viável, pois há maior aproveitamento do nitrogênio (Farinelli; Lemos., 2012). Nesse caso, as condições climáticas durante o período de aplicação apresentaram uma alta incidência de chuvas, o que resultou em um solo muito úmido, tendo influenciado a eficiência da absorção de nitrogênio. Porém, a dose e a época de aplicação de N variam em função das condições climáticas de cada região (Andrade *et al.*, 2014).

Ainda, foi observado efeito não significativo das doses de nitrogênio (N) utilizadas foi observado tanto pela análise de variância quanto pelo teste de regressão. Esse resultado pode estar relacionado ao histórico de cultivo da área, onde leguminosas (soja e feijão) reconhecidas por sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) foram cultivadas por mais de quatro anos consecutivos, e a presença dessas espécies pode ter elevado significativamente os níveis de N disponíveis no solo (Silva *et al.*, 2024). Desta forma, é possível que as diferentes doses não tiveram efeito significativo devido ao aporte de N proveniente das culturas anteriores (Cruz *et al.*, 2021).

A disponibilidade N no solo é controlada através da decomposição da matéria orgânica e por adubação nitrogenada, sendo que para que a planta consiga absorvê-lo é preciso que ocorra a mineralização (Pavinato *et al.*, 2008; Coser *et al.*, 2007). Desta forma, mesmo doses mais baixas de N foram suficientes para suprir as exigências nutricionais do milho, devido a disponibilidade N já presente no solo. A utilização de leguminosas em sistemas de culturas associadas ao sistema de plantio direto contribui para o aumento dos estoques de N no solo (Poudel *et al.*, 2001; Diekow *et al.*, 2005).

Dessa forma, entende-se que é viável utilizar a dose de 50 kg por ha, nas condições edafoclimáticas da região, especificamente em áreas de várzeas tropicais. Os resultados diferem do encontrado por Gomes *et al.* (2007) que relataram a dose de 150 kg/ha para obtenção de produtividade superior (7.012 kg/ha). Ainda de maneira semelhante, Carvalho *et al.* (2023) obtiveram produtividade média de (5.786 kg/ha) com a dose de nitrogênio em cobertura de 200 kg/ha. Por outro lado, a eficiência da adubação nitrogenada depende de vários fatores, dentre eles as condições climáticas, tipos de solos e capacidade de extração da cultura (Neumann *et al.*, 2005).

Em relação à análise de correlação de Pearson (Tabela 4), os resultados revelaram correlações significativas entre o ISN em V8 e em V6 (0,48 $p < 0,01$), entre o ISN em R1 e em V8 (0,33 $p < 0,01$), e entre ISN em Vt e em V6 (0,26 $p < 0,05$). Já entre o Índice de suficiência de nitrogênio com a produtividade não obteve resultados significativos. Ainda segundo Rambo *et al.*, (2011), os teores de nitrogênio na folha e na planta são as características menos associadas à produtividade de grãos e, portanto, possuem potencial reduzido como indicadores do estado nutricional das plantas. Estes resultados contradizem os de Hurtado *et al.* (2009), que relataram alta correlação desta variável com a produtividade de grãos.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre Índice de suficiência de nitrogênio com a produtividade da cultura do milho avaliada sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, 2024/25.

Características	ISN.V6	ISN.V8	ISN.Vt	ISN.R1	PROD
ISN.V6	-	0,48**	0,26*	0,15ns	-0,05ns
ISN.V8	-	-	0,18ns	0,33**	-0,04ns
ISN.Vt	-	-	-	0,21ns	-0,03ns
ISN.R1	-	-	-	-	-0,10ns
PROD	-	-	-	-	-

** significativo a 1% * significativo a 5% *ns - não significativo a 5%

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento do nível de N na cultura do milho pelo teor de clorofila nas folhas, avaliada pelo clorofilômetro demonstraram que a forma de aplicação de N teve maior influência sobre o índice de suficiência de nitrogênio (ISN) do que as doses utilizadas. Dessa forma a aplicação de N em semeadura (100%) e o parcelamento em 50% V4 + 50% V8 mostraram-se mais eficiente, proporcionando maiores valores de ISN nos estágios V6, V8, Vt e R1.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.R. *et al.* Desempenho agrônômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal**, 2024.

ARGENTA, G. *et al.* Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência rural**, v.31, n.4,2001.

BARBOSA FILHO, M.P. *et al.* Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural**, 38:1843-1848,2008.

BARBOSA FILHO, MP. *et al.* Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ci. Agrotec.**,33:425-431,2009.

BLACKMER, M.; SCHEPERS, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.1791-1800, 1994.

BÜLL, L. T., CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. **Piracicaba: Potafos**. p. 67- 145,1993.

CARVALHO, E.V. *et al.* Adubação nitrogenada no cultivo de milho safrinha em duas regiões no Tocantins. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.22, n.4, p.563-571, 2023.

CARVALHO, E.V. *et al.* Doses de Nitrogênio em Cobertura na Avaliação de Genótipos de Milho em Semeadura Tardia. **Scientia Agraria Paraensis**, v.16, n.3, p.296-301, 2017.

CIVARDI, E. A. *et al.* Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 41(1): 52-59, 2011.

CRUZ, J. C. *et al.* Rotação de culturas. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2021.
<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/milho/producao/rotacao-de-culturas>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira**, 2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>.

COSER, Thais Rodrigues *et al.* Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 399-406, 2007.

COSTA, C. *et al.* Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **J. Plant Nutr.**, v.24, n. 8, p.1173-1194. 2001.

DIEKOW, J. *et al.* Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen

fertilization in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil Till. Res.**, 81:87-95, 2005

ERENSTEIN, O. *et al.* Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. **Food Security**, v. 14, n. 5, p. 1295-1319, 2022.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho. Guaíba: Agropecuária**, p. 360, 2000.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012. [http:// dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000100009](http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000100009).

FERRARA, R. M., *et al.* Ammonia volatilisation following urea fertilisation in an irrigated sorghum crop in Italy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.195, n.1, p.195-196, 2014.

FRAZÃO, J. J. *et al.* Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18(12): 1262-1267, 2014.

GRUZSKA, M. *et al.* Chlorophyll relative index for diagnosing nitrogen status in corn hybrids. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, 2017.

GOMES, R. F. *et al.* Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista brasileira de ciência Solo**, 31:931-938, 2007.

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V. de; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.300-309, 2009

HURTADO, S. M. C. *et al.* Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. **Revista Ciência Rural**, v.41, n.6, p.1011-1017, 2011.

HURTADO, S.M.C. *et al.* Sensibilidade do Clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciências e agrotecnologia**, v.34, n.3, p.688-697, 2010.

HUSSAIN, F. *et al.* Uso de índices de suficiência do clorofilômetro para o manejo de nitrogênio em arroz irrigado na Ásia. **Agron. J.**,92:875-879. 2000.

JEMISON, J.M *et al.* Avaliação de campo de dois métodos de análise de nitrogênio em milho. **J. Prod. Agric.**, 9:108-13, 1996.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Santo Antônio de Goiás: IPNI**, 2006.

LIMA, A. S. *et al.* Growth and production of Zea mays fertigated with biofertilizer and water blade in semiarid regions, Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 231, p. e520, 2020.

LYRA, G.B. *et al.* Crescimento e produtividade do milho, submetido a dose de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Ceres**, v. 61, p.578-586, 2014.

MAIA, S.C.M *et al.* The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. **Revista brasileira de ciência do solo**, 2012.

MARESMA, A. *et al.* Accuracy of NDVI-derived corn yield predictions is impacted by time of sensing. **Computers and electronics in agriculture**, v. 169, p.105236, 2020.

NEUMANN, M. *et al.* Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (Zea mays L.) Para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 4(3): 418-427, 2005.

OLIGINI, K. F. *et al.* Sowing date and maturity groups on the economic feasibility of soybean-maize double summer crop system. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.59, n.4, e235472, 2021.

OLIVEIRA, F.C. *et al.* Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, v.29, p.812-821, 2016.

PAN, Y. *et al.* Importância da concentração de nitrogênio foliar para prever a produtividade florestal na região do Médio Atlântico. *Para. Sci.*, 3:279-289, 2004.

PAVINATO, P. S. *et al.* Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

POUDEL, D.D. *et al.* Impacts of cropping systems on soil nitrogen storage and loss. **Agric. Systems**, 68:253-268, 2001.

RAMBO, L. *et al.* Leaf and canopy optical characteristics as crop-N-status indicators for field nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, p.434-443, 2010.

RAMBO, L. *et al.* Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4,2011.

RITCHIE, S.W. *et al.* Como a planta de milho se desenvolve. **Informações agronômicas**, n.103, p.1-11, 2003.

SANGAKKARA, U. R.; SOMARATNE, H. M. Sources, storage condition and quality of mungbean seeds cultivation in Sri Lanka. **Scitec Nutrition**. v.16, n.1, p.5-10,

1988.

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

SILVA, A. A. *et al.* Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal** 28(1): 140-111, 2012.

SILVA, E. C., *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, M.H., *et al.* A relação do nitrogênio com o desenvolvimento das plantas e suas formas de disponibilidade. **Revista Científica Multidisciplinar** ISSN 2675 - 6218, v.5, n.1, 2024.

SILVEIRA, P. M.; GONZAGA, A. C. O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.47, p.1-6, 2017

SILVEIRA, P.M. *et al.* Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Bras.**38:1083-1087, 2003.

STREIT, M.N *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, 2005.

VARVEL, G.E. *et al.* Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, v.61, p.1233-1239, 1997.

VIEIRA, R.F.; NISHIHARA, M.K. Comportamento de cultivares de mungo-verde (*Vigna radiata*) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 39, n. 221, p. 60-83, 1992.