



**INSTITUTO FEDERAL**

Goiano

Campus Rio Verde

**BACHAREL EM AGRONOMIA**

**APLICAÇÃO DO SENSOR PORTÁTIL N- TESTER COMO  
FERRAMENTA PARA ESTIMAR O STATUS DE  
NITROGÊNIO EM MILHO**

**PEDRO PAULO MONTEIRO B. DUARTE**

**Rio Verde, GO**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

**CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA**

**APLICAÇÃO DO SENSOR PORTÁTIL N- TESTER COMO  
FERRAMENTA PARA ESTIMAR O STATUS DE  
NITROGÊNIO EM MILHO**

**PEDRO PAULO MONTEIRO B. DUARTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio  
Verde, como requisito parcial para a obtenção  
do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Castoldi

Rio Verde – GO

Março, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

D812a Duarte, Pedro Paulo Monteiro Borges  
APLICAÇÃO DO SENSOR PORTÁTIL N- TESTER COMO  
FERRAMENTA PARA ESTIMAR O STATUS DE NITROGÊNIO EM  
MILHO / Pedro Paulo Monteiro Borges Duarte;  
orientador Gustavo Castoldi. -- Rio Verde, 2024.  
23 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Nitrogênio. 2. N- Tester. 3. SPAD-502. I.  
Castoldi, Gustavo, orient. II. Título.

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Pedro Paulo Monteiro Borges Duarte

Matrícula:

2019102200240384

Título do trabalho:

APLICAÇÃO DO SENSOR PORTÁTIL N- TESTER COMO FERRAMENTA PARA ESTIMAR O STATUS DE NITROGÊNIO EM MILHO

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:  /  /

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente  
**PEDRO PAULO MONTEIRO BORGES DUARTE**  
Data: 14/03/2024 17:22:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Verde- Goiás  
Local

14 /03 /2024  
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente  
**GUSTAVO CASTOLDI**  
Data: 15/03/2024 10:10:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2024 - DG-POLO/POLO/IFGOIANO

#### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos doze dias do mês de março de 2024, às 14:30 horas, reuniu-se, de forma online, a banca examinadora composta pelos membros: Prof. Dr. Gustavo Castoldi (orientador/ IF Goiano - Campus Rio Verde), Profa. Dra. Renata Pereira Marques (membro/IF Goiano - Campus Rio Verde) e Eng. Agrônomo Lucas Rozas (membro/Empresa Prisma Inteligência Agronômica) para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**Aplicação do sensor portátil N-Tester como ferramenta para estimar o status de nitrogênio em milho**" do discente Pedro Paulo Monteiro Borges Duarte, matrícula nº 2019102200240384 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros avaliadores.

*(Assinado Eletronicamente)*

Gustavo Castoldi

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Renata Pereira Marques

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Lucas Rozas

Membro

**Observação:**

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Renata Pereira Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/03/2024 17:39:44.
- Gustavo Castoldi, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/03/2024 17:38:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/03/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 582805  
Código de Autenticação: 66a7786ecc



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Polo de Inovação

Rodovia Sul Goiana Km 01, None, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75.901-970

None



Documento assinado digitalmente

LUCAS DE ARAUJO ROZAS

Data: 13/03/2024 12:36:26-0300

Verifique em <https://validar.ifl.gov.br>

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder as oportunidades que tive, sabedoria para guiar meus passos, saúde e por guiar durante minha caminhada acadêmica e profissional.

Aos meus pais, Jaqueline Monteiro e Jerônimo Ferreira, por sempre estarem ao meu lado, me mostrando o caminho da vida, me ensinando a ser justo e correto independente da situação e que conhecimento é a única coisa que ninguém consegue nos tirar. Agradeço a eles por nunca medirem esforços para que eu conseguisse estudar em uma escola boa e conseguir alcançar meu objetivo profissional.

Ao meu pai, Josimar Duarte, que sempre esteve ali para me auxiliar, tirar dúvidas e aconselhamento sobre a vida no geral e principalmente para me apoiar. Mesmo com a distância, isso nunca foi um problema para puxar a orelha quando necessário, mas parabenizar também quando necessário.

A minha vó, Clarice Monteiro e minha irmã, Jannifer Monteiro que também sempre esteve ao meu lado me apoiando em todas minhas decisões.

Ao meu professor orientador Dr. Gustavo Castoldi, pelos aconselhamentos, horas de orientação, pela paciência, dedicação e compressão, se tornando uma pessoa muito importante na vida acadêmica, que desejo levar para a vida sua amizade.

Ao Laboratório de Drones e Vants na Agricultura do IF Goiano - Campus Rio Verde que me forneceu espaço, estrutura e equipamentos imprescindíveis para condução e avaliação do trabalho, bem como toda a equipe do mesmo pelo auxílio na execução deste.

Aos meus antigos orientadores, Tavvs Micael e Alaerson Maia, que se tornaram peças fundamentais a caminhada acadêmica. Grato por todo ensinamento e conselhos passados a mim durante a nossa trajetória juntos.

## RESUMO

DUARTE, Pedro Paulo Monteiro Borges. Aplicação do sensor N- Tester como ferramenta para estimar o status de nitrogênio no milho. 2024. 22p. Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, GO, 2024. Objetivou-se esse estudo,

avaliar a ferramenta N- Tester como uma ferramenta para estimar o status de nitrogênio na cultura do milho, sendo contrastado a outro clorofilômetro do mercado, SPAD 502. O experimento foi realizado a campo, delineamento de blocos ao acaso, arranjos em fatorial 2x5, com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais. Na área, foi semeado o híbrido P3858WU, sendo semeado com adubação de base direto na linha de plantio. No estágio vegetativo V3, foi-se aplicado os tratamentos com doses de 0,50,100,150,200 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte o nitrato de amônio, aplicados em superfície. Foram feitas avaliações com sensor N-Tester e SPAD 502 em 3 momentos na cultura, V6,VT e R1. Quando comparado os dados coletados por ambos os sensores, observamos que ambos aumentaram seus valores analisados de acordo com a dose aplicada. O N-Tester se mostrou como uma ferramenta para diagnose de nitrogênio no milho quando comparado com o principal concorrente de mercado, SPAD 502, figurando como uma ferramenta para o manejo de N na cultura do milho.

**Palavras-chave:** nitrogênio, N- Tester, SPAD 502.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Milho .....	7
2.2 Nitrogênio na agricultura.....	9
2.3 N- Tester.....	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Local de condução e descrição geral do experimento .....	12
3.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	12
3.3 Implantação e condução do experimento .....	13
3.4 Avaliações .....	13
3.5 Análise estatística dos dados .....	14
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
4.1 Estádio V6 .....	15
4.2 Estádio VT.....	18
4.3 Estádio R1 .....	19
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>21</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas no Brasil, que por sua vez, deve continuar a ser o maior exportador de milho do mundo. A estimativa publicada pela CONAB, mostra que na safra 23/24, a área cultivada de milho deve se aproximar de 21,1 milhões ha, com perspectiva de produção de 119,1 milhões toneladas (CONAB, 2024). Para se obter altas produtividades de milho são requeridas grandes quantidades de nitrogênio (N), que é fornecido pela combinação de fertilizantes nitrogenados e mineralização de N no solo (Canisares et al., 2021). Aumentar a eficiência do uso de fertilizantes N nos sistemas de produção de milho é então fundamental para aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade ambiental (Zhang et al., 2015).

Em relação a adubações nitrogenadas, uma fertilização limitada de N, pode impedir o crescimento das plantas, enquanto com N excessivo, seria lixiviado para os corpos d'água e liberado para a atmosfera na forma de amônia, causando graves problemas ambientais, gerando perdas significantes para o sistema (Yang et al., 2023).

Os medidores de clorofila são amplamente utilizados para fins de diagnóstico para orientar o manejo do nitrogênio, monitorando o estado nutricional de nitrogênio da folhagem em muitas culturas por meio de medições rápidas e não destrutivas, por vezes muito antes que sintomas visuais de deficiência sejam identificados. Esses métodos não destrutivos foram desenvolvidos para medições rápidas com base na correlação entre as concentrações de clorofila nas folhas e N. Isso se deve ao fato de que os cloroplastos dentro das células das folhas retêm aproximadamente 70% do nitrogênio nas folhas e o *status* de N nas folhas resulta no verde das folhas (Wicharuck et al., 2024).

Dentre os clorofilômetros disponíveis no mercado, o SPAD-502 (Konica Minolta, Nieuwegein, Holanda) muito provavelmente é o mais conhecido e estudado, sendo utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nitrogenado do milho (Argenta et al., 2001). Porém, existem outros equipamentos, com menos menções na literatura, como o como o Dualex (Force A, Orsay, França), o ClorofiLog (Falker, Porto Alegre, Brasil) e o N-Tester (Yara, Oslo, Noruega).

Por sua vez, o N-Tester por ser mais um exemplar de clorofilômetro, com bastante uso em outros países como América do Norte e Europa, há a necessidade de entender o comportamento do sensor no Brasil. O SPAD 502 bem consolidado como uma excelente ferramenta para determinação de N na cultura do milho, possui pontos que o N-Tester vem

para suprir essa demanda. Ambos os aparelhos com o mesmo método de avaliação que é por transmitância, mas o N- Tester se destaca por sua facilidade de manuseio e armazenamento de dados bem superior ao do SPAD 502, trazendo a tecnologia aliada a facilidade de manuseio do aparelho.

Nesse cenário, objetivou-se este estudo justamente em avaliar o efeito de diferentes doses de N, aplicado em milho de segunda safra, comparando o desempenho do N- Tester para cultura do milho, usando como principal referência o SPAD 502.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Milho

O milho (*Zea mays* L.), caracteriza-se como uma planta tolerante ao déficit hídrico além de alta adaptabilidade em diversas condições ambientais. Dentre os cereais mais cultivados ao nível mundial, o milho está entre culturas mais cultivadas no território nacional. Com o exponencial crescimento das áreas de cultivo, o milho se faz presente em toda a América Latina, estimando um incremento produtivo de 28%, entre os anos de 2017 a 2026 (FAO, 2017).

O grão caracteriza-se como um dos principais cereais cultivados em território nacional. A área cultivada de milho no ano de 2023 foi de aproximadamente 21,1 milhões de hectares, tornando a cultura uma das principais engrenagens do agronegócio ao nível nacional (CONAB, 2023).

As características nutricionais e a versatilidade do grão, eleva e transcende o seu cultivo a níveis internacionais, visto que tal cultura está entre as mais populares em uma esfera comercial cultivadas em todo mundo (SOUZA et al., 2020).

Atualmente, os Estados Unidos lideram o *ranking* de produção do grão, seguido pela China e Brasil. Para a safra 2023/24 a estimativa de produção brasileira de grãos está em torno de 312,3 milhões de toneladas, com perspectiva de produção de 119,1 milhões toneladas de milho. A elevada produtividade no país, decorre das extensas áreas de produção destinadas ao cultivo do milho, que ocupa o segundo lugar no ranking de grãos produzidos no Brasil, antecedendo somente a soja. Com todo o volume de milho produzido pelo Brasil, parte da produção é destinada à exportação, o que coloca o Brasil como o segundo maior exportador

do cereal a nível mundial (CONAB, 2023).

A produção de milho vem apresentando uma crescente no panorama geral da agricultura nacional ao longo dos anos, tal crescimento pode ser justificado em função de sua tênue ligação com a cadeia produtiva da suinocultura e avicultura, ao qual o milho torna-se uma das principais matéria primas para a fabricação de ração animal. Tal crescimento produtivo e a popularidade da cultura ao nível internacional, faz com que o cereal esteja em constante melhoramento genético visando a criação de novas variedades híbridas de maior produtividade e adaptabilidade para regiões e climas específicos (SOUZA et al., 2020).

O milho apresenta-se como um cereal versátil, com diversas finalidades de uso, sendo estas, matéria prima para indústria produtora de álcool, consumo humano, fabricação de ração para alimentação animal, entre outros. Tratando-se de alimentação animal, o milho é um dos principais cereais utilizados na fabricação de ração, devido apresentar-se como uma excelente fonte energética e de baixo custo (GARCIA et al., 2006).

Mesmo sendo uma cultura relativamente tolerante, o sucesso na produção do milho depende de alguns fatores, como disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, fotoperíodo, radiação solar, além do manejo correto de pragas e doenças (NUNES, 2016).

De acordo com Silva et al. (2021, p. 3-4),

Conforme sua botânica, o milho pertence a ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribu Maydeae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays*, sendo uma das poucas espécies econômicas nativas das Américas. É também uma planta herbácea, anual e com ciclo completo de quatro a cinco meses. Além disso, o milho é uma planta monóica com flores femininas nas axilas das folhas (espigas) e com flores masculinas na extremidade superior (panículas).

O milho como qualquer outra cultura de produção, apresenta estágios fenológicos sendo estes vegetativos (V) e reprodutivos (R). Ao que tange os estágios vegetativos, estes são classificados como VE (emergência) V1, V2, V3 até o V (n), sendo este representado pela última folha emitida antes do pendoamento (VT). Já as etapas dos estágios reprodutivos são classificadas de modo que, R1 (florescimento), R2 (grão leitoso), R3 (grão pastoso), R4 (grão duro) e R6 (maturidade fisiológica) (SILVA et al., 2021).

Segundo Moraes (2012, p 6),

Quanto às características morfológicas, apresenta três sistemas radiculares. O primeiro é provisório, proveniente da germinação da semente, o qual é substituído pelo sistema radicular definitivo. Este, pode atingir até 3 m de comprimento, no entanto, a maior parte das raízes fasciculadas encontra-se nos primeiros 30 cm do solo. Posteriormente, desenvolvem-se os esporões que auxiliam na sustentação da planta, absorção de água e de nutrientes. O caule do milho é do tipo colmo, constituído por nós e entrenós, no qual estão inseridas, alternadamente, as folhas

paralelinérveas. É uma planta monóica, apresentando uma inflorescência masculina (pendão) e uma feminina (espiga), cuja semente é um tipo de fruto classificado como cariopse.

A popularidade do grão e suas características principalmente sua resistência ao déficit hídrico, tem feito com que o milho seja cultivado em todas as microrregiões brasileiras, de modo que, o maior percentual da produção é comercializado, com isso, as indústrias brasileiras são amplamente beneficiadas com a possibilidade de desenvolverem e incrementando o emprego do milho como insumo, na fabricação de produtos como lisina, itens biodegradáveis, isoglucose, etanol, etc (BARROS; ALVES, 2015).

Em uma ótica panorâmica voltada para o mercado econômico nacional, o milho é uma cultura que tem sua produção favorecida, visto que, sua produção advém tanto de pequenas propriedades que tem por finalidade do cultivo a sua subsistência, como grandes propriedades a qual a finalidade é o abastecimento do mercado (PAVÃO; FERREIRA FILHO, 2011).

Em relação ao cultivo do milho em um contexto direcionado ao campo, este constitui-se como uma das principais alternativas da atualidade para compor programas de rotação de culturas, visto a quantidade de massa seca produzida, o que favorece todo o sistema, além de apresentar uma boa relação C/N que contribui para uma degradação lenta de sua palha e consequentemente promove uma proteção do solo por um maior período (MELO FILHO; RICHETTI, 1997).

De acordo com Saldanha (2023), visando a máxima produtividade da cultura do milho, um dos principais fatores que determinam o sucesso da cultura é a adubação. Dito isto, plantas com um satisfatório potencial produtivo, demandam uma adubação nitrogenada que corresponda às suas necessidades de produção, com isso o nitrogênio (N) torna-se um dos principais nutrientes de exigência produtiva para as plantas.

## **2.2 Nitrogênio na agricultura**

O N é um macronutriente de alta importância e demanda pelas culturas, sendo fundamental para altas produtividades e qualidade dos produtos. Em relação a cultura do milho, tal nutriente é requerido em maiores quantidades o que requer uma maior atenção no manejo (SALDANHA, 2023; LAZZARINI, 2022). Para Meneghini et al. (2020), O nitrogênio possui fundamental importância na nutrição de plantas, pois está presente na composição das proteínas e da clorofila, interferindo diretamente na fotossíntese das plantas.

Segundo Rambo et al. (2008), a utilização do N ao que se refere a adubação de culturas, é considerada complexa visto as peculiaridades do nutriente ao que tange suas reações no solo, tanto químicas como biológicas, que esse pode sofrer, podendo ocorrer diversas perdas quando manejado de forma inadequada.

O amplo campo de estudos direcionados para o melhoramento genético do milho contribuiu largamente para a melhoria de produtividade da cultura, com isso, as plantas tornaram-se mais exigentes em parâmetros nutricionais como é o caso de nutrientes como o N, levando a necessidade de aumento de doses e eficiência da aplicação (BARROS et al., 2016).

A inegável importância do N para a nutrição da cultura do milho, tem fomentado cada vez mais estudos que visam encontrar alternativas que elevem a eficiência no uso de tal nutriente no milho, isso permite que seja aproveitado maior percentual do nutriente entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente pela cultura. No milho, o nitrogênio é o nutriente mais aplicado devido ao fato de ser o mais limitante no crescimento e no desenvolvimento da cultura (MENEHINI et al., 2020; SILVA et al., 2005).

De acordo com Lazzarini (2022), entre as principais fontes de N destaca-se o adubo mineral ureia, devido a sua alta qualidade física e maior concentração de nutriente. O N atua em importantes processos metabólicos da planta, tornando indispensável para o processo de biossíntese proteica e clorofiláticas, apresentando maior exigência nos estágios iniciais da planta, uma vez que, tal período corresponde ao de maior absorção (SALDANHA, 2023).

Segundo Eckhardt (2019), o N apresenta-se como nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, visto que, se faz presente na constituição de biomoléculas e inúmeras enzimas. O N é constituinte importante de amidos, ácidos nucleicos, nucleotídeos, ATP, NADH, clorofila e proteínas. A clorofila, por exemplo, exerce funções regulatórias de sínteses, as quais, se encontradas em escassez, afetarão diretamente a capacidade fotossintética da planta.

Em relação a adubação nitrogenada do milho, Coelho (2006), sugere que a adubação nitrogenada em cobertura para a cultura, de modo geral, varia de 60 a 100 kg de N/ha. Ao longo dos anos com o desenvolvimento de novo cultivares além da pressão do mercado e sua competitividade, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos visando elucidar quais as melhores dosagens de adubação nitrogenada para o milho. Em estudo realizado por Silva e Souza (2020), buscando determinar a recomendação de adubação nitrogenada para o milho cultivado em plantio direto, utilizando o método que considera a disponibilidade de N do solo, a

necessidade de N para a cultura alcançar o rendimento projetado e a eficiência de recuperação do N-fertilizante, utilizando doses de N (0, 30, 70 e 95 kg ha<sup>-1</sup>), os autores concluíram que em cultivo de milho em plantio direto que vise produtividade superior a 5.000 kg ha<sup>-1</sup> é necessário realizar adubações com doses superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Estudo semelhante foi realizado por Sousa et al. (2022), a qual objetivando avaliar a produtividade e os teores foliares na cultura do milho sob diferentes recomendações de adubação nitrogenada e estresse salino, utilizando dois tipos de água (salina e não salina) e três recomendações de adubação nitrogenada (0, 50 e 100% da recomendação), concluíram que as recomendações de 50% e 100% proporcionam maiores valores de produtividade nas duas águas estudadas. As recomendações 50% e 100% associadas a irrigação com água salina aumentaram os teores foliares de K, Na, Mg e Ca.

Em estudo de Silva (2022), a qual objetivou analisar quais fontes e manejos de adubação nitrogenada proporcionam o melhor desempenho produtivo e retorno econômico para cultura do milho, utilizando de sete adubações nitrogenadas distintas além de diferentes fases de aplicação (fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada, de liberação gradual, encapsulada, incorporada antes da semeadura; fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada com inibidor de urease (NBPT) em cobertura (V4+V8); ureia incorporada antes da semeadura; ureia em cobertura (V4+V8); ureia incorporada antes da semeadura e em cobertura (V8); Fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada com inibidor de urease (NBPT) em cobertura (V8); sem adubação nitrogenada, concluíram que a maior produtividade foi aplicação de ureia em cobertura nos estádios fenológicos de V4 e V8, sendo também, o tratamento de maior viabilidade econômica, principalmente devido à boa disponibilidade hídrica para a aplicação dessa fonte.

Outro estudo que apresenta avaliação da adubação nitrogenada na cultura do milho, foi realizado por Lorenzetti (2022), de modo que, objetivando avaliar se a prática de antecipação da adubação nitrogenada favoreceu a produtividade do milho, em consórcio com a braquiária, quando comparada à adubação convencional, utilizando diferentes doses de nitrogênio (0, 135 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>), o autor afirma que a medida que se elevou as doses de nitrogênio, obteve-se maior produtividade, sendo o tratamento com 200 kg N ha<sup>-1</sup> o de maior incremento produtivo.

### **2.3 N- Tester**

Como um exemplo de clorofilômetro, o N- Tester é um aparelho desenvolvido pela

Yara fertilizantes como o intuito de ser uma ferramenta de determinação de clorofila em folhas de diversas culturas. Com o sensor calibrado para o Reino Unido, em culturas de inverno como trigo e cevada de inverno, há a necessidade de novas calibrações serem feitas para novas culturas, entendendo a realidade do ambiente e local de recomendação. N- Tester usa como método de leitura a transmitância, que por sua vez emite um feixe de luz que sua percepção de emissão e recepção, juntamente como dados estatístico, consegue mensurar o teor de clorofila presente na folha analisada.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de condução e descrição geral do experimento

O estudo foi instalado e conduzido na Fazenda Tropical, localizada no município de Montividiu, região sudoeste de GO. Escolheu-se um talhão previamente cultivado com soja e de textura arenosa, no intuito de obter-se potencial de resposta à adubação nitrogenada.

Por ocasião da implantação do ensaio, o solo foi amostrado na camada de 00–20 cm, e analisado quanto às características texturais e de fertilidade básica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos texturais, básicos de fertilidade e de enzimas do solo da área de condução do ensaio. Montividiu – GO, fevereiro de 2023.

Prof.	pH	$P_{meh}$	$SO_4^-$	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V%	M
cm	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	
00-20	5,54	94	9,2	0,13	5,28	1,31	0,00	5,47	12,2	55	0

cm	M.O.	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Argila	Silte	Areia
	g dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>				g dm <sup>-3</sup>	
00-20	11	213	52	2,6	3,5	0,27	200	40	760

#### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi do tipo de blocos ao acaso, arranjos em esquema fatorial 2 x 5, com subdivisão das parcelas a partir do pré-pendoamento, e 4 repetições, num

total de 80 unidades experimentais.

Os fatores foram dados por duas doses de N na adubação de base (0 e 30 kg ha<sup>-1</sup>) e cinco doses de N aplicadas em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). As doses de N em cobertura foram aplicadas por ocasião do estágio V3, de forma manual, utilizando-se como fonte nitrato de amônio (Yara 33-00-00), mesma fonte da adubação nitrogenada de base, que foi feita de forma manual aplicando o fertilizante em superfície sobre a linha de semeadura.

### **3.3 Implantação e condução do experimento**

A área experimental foi demarcada de modo que cada parcela contava com 3,5 m de largura (7 linhas de plantio) e 12 m de comprimento, num total de 42 m<sup>2</sup>. A aplicação dos fertilizantes foi efetuada de modo manual, a lanço, sobre a superfície total de cada parcela e em função de cada tratamento. Após subdivisão das parcelas, cada subparcela passa a contar com 3,5 m de largura (7 linhas de plantio) e 6 m de comprimento, num total de 21 m<sup>2</sup>, totalizando 80 unidades experimentais.

A semeadura do milho foi realizada em 13/02/2023, em sequência à colheita soja. Utilizou-se o híbrido P3858PWU, semeado em um espaçamento entrelinhas de 0,5 m e com população esperada de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O híbrido P3858PWU possui como característica uma adaptação para áreas de médio a alto investimento, sendo uma alternativa para melhor demonstração dos tratamentos.

Além da adubação referente aos tratamentos, o milho foi adubado com mais 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, na forma de supersimples, e outros 90 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, na forma de KCl, aplicados em superfície logo após a semeadura do ensaio. Quando as plantas chegaram no estágio V2 para V3, foi realizado a aplicação dos tratamentos em cobertura.

### **3.4 Avaliações**

As avaliações a campo com os sensores, foram feitas em três estádios fenológicos diferentes; V6; VT e R1, esses três momentos sendo cruciais para determinação de produtividade da cultura. Em V6 por ser um momento decisivo para produtividade da cultura, onde há a determinação de potencial de fileiras por espiga acontece, sendo de extrema importância ter plantas bem nutridas de N, evitando qualquer restrição a produtividade. Pensando em VT, seria uma avaliação de pendoamento, sendo necessário o entendimento de

como uma planta bem nutrida se comporta em relação as demais no pendoamento. Para R1, uma avaliação para determinação de N na planta no estágio reprodutivo.

Em V6, foram realizadas leituras com os sensores N- Tester e SPAD 502 em todas as unidades experimentais. Foram realizadas 6 leituras por parcela de cada sensor, totalizando 12 leituras por parcela.

Em relação as leituras no estágio V6, foram escolhidas 3 plantas ao acaso dentro de cada parcela, considerando as linhas centrais de cada parcela, e realizada 2 leituras por planta, fazendo a medição no terço médio da última folha completamente desenvolvida na cultura. Para determinação de acúmulo de N, as plantas avaliadas por ambos os sensores foram amostradas e levadas ao laboratório para avaliação, sendo submetidas a secagem em estufa, pesagem para determinação de matéria seca e então moídas para posterior análise de teor de N.

Em VT, foram realizadas 4 leituras por parcela com ambos os sensores, totalizando 8 leituras por parcela. Para as leituras, foram selecionadas 2 plantas ao acaso e feita as leituras no mesmo padrão realizado em V6.

Em R1, foi realizado novamente leituras com ambos os sensores, porém aumentando o número de plantas dentro de cada parcela, sendo um total de 5 plantas, realizando 10 leituras por sensor. Para as leituras, foram realizadas no terço média da folha oposta abaixo da 1º espiga desenvolvida. As folhas avaliadas pelos sensores, foram retiradas sua nervura central e submetido a secagem para determinação de N acumulado.

### **3.5 Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos à testes de normalidade seguida de análise de variância, e quando observado efeito – isolado ou combinado – dos fatores, foram submetidos à comparação de médias pelo teste t (LSD) e/ou análise de regressão (para as doses de N em cobertura). Fez-se também análise de correlação r de Person entre parâmetros de interesse em cada uma das épocas de avaliação.

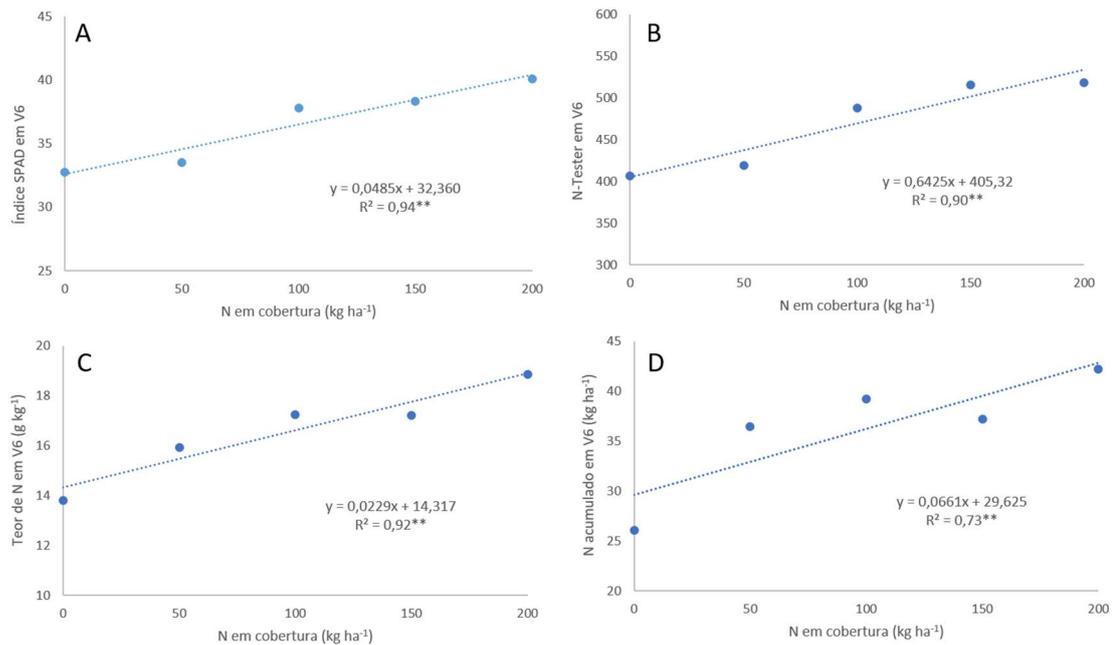
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### 4.1 Estádio V6

No estágio de desenvolvimento vegetativo V6 em plantas de milho, não se observou qualquer efeito da adubação de base ou da interação entre a adubação de base e as doses de N aplicadas em cobertura. De maneira geral, pode-se assumir que qualquer eventual efeito benéfico do fornecimento de N na semeadura tenha se diluído até V6.

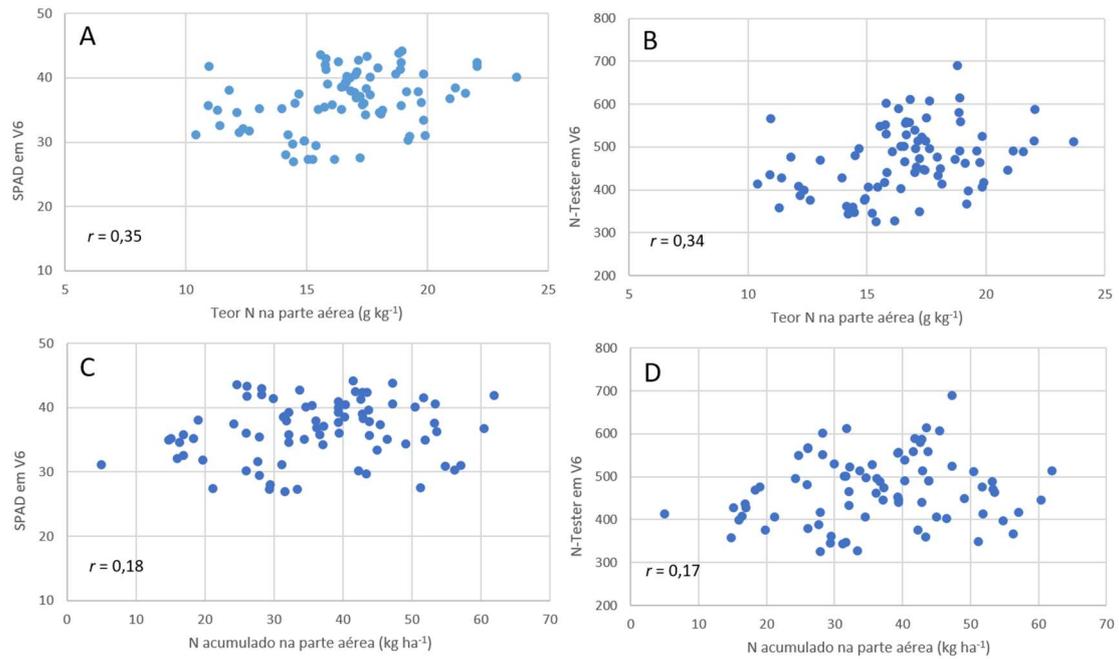
Para os valores de SPAD, N-Tester, teor de N na parte aérea e acúmulo de N na parte aérea houve, no entanto, efeito isolado das doses de N aplicadas em V3. Todas essas variáveis responderam de maneira positiva e linear em função do aumento da adubação nitrogenada de cobertura (Fig. 1). Para a massa de matéria seca, não houve qualquer efeito dos tratamentos em V6, de modo que o experimento apresentou uma produção média de 2.130 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca.

O nitrogênio atua no acréscimo em altura de planta e de espiga no milho, além de ser constituinte dos aminoácidos fazendo parte da composição das proteínas, exercendo funções relevantes no metabolismo vegetal, pois está associado ao crescimento (divisão e a expansão celular) e ao desenvolvimento dos drenos reprodutivos e por participar na molécula de clorofila, indispensável para a manutenção da atividade fotossintética (Basi et al., 2011; Gazola et al., 2014). Sabe-se que os agricultores geralmente preferem manter as folhas da cultura verdes escuras, isso leva a uma aplicação excessiva de fertilizantes N, resultando numa baixa eficiência de utilização, assim sendo as propriedades espectrais das folhas devem ser utilizadas de maneira mais racional para orientar aplicações de N baseadas nas necessidades (Thind and Gupta, 2010).

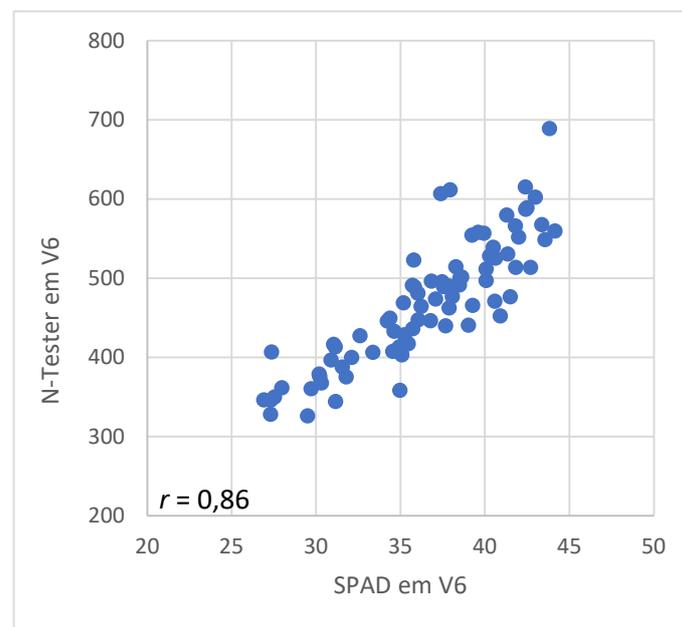


**Figura 1.** Índice SPAD (A), Valores de N-Tester (B), Teor de nitrogênio (C), Quantidade de nitrogênio (D) de plantas de milho em V6 em função de doses de nitrogênio (N) aplicadas em cobertura (em V3).

Não se observou também qualquer correlação entre o índice SPAD e os valores de N-Tester com o teor de N na parte aérea e com o acúmulo de N na parte aérea das plantas em V6 (Fig. 2), resultado este esperado, haja vista que as leituras dos sensores foram feitas nas folhas que definem o estágio fenológico e que o teor dessas não necessariamente se correlaciona com o teor total da parte aérea ou mesmo com o acúmulo de N, que também depende da produção de matéria seca. A correlação ( $r$  de Pearson) entre SPAD e N-Tester, no entanto, foi positiva e forte (0,87) (Fig. 3). É conhecido que o teor de clorofila é um indicador do nível de nitrogênio nas plantas e o teor de N nas folhas está altamente correlacionado com a produtividade devido a associação entre a atividade fotossintética e o teor de N nas folhas (ZUFFO et al., 2012). A correlação entre os índices N-tester e SPAD já foi testado em três estádios fenológicos de vinhas através de 500 medições paralelamente, onde foi observado uma excelente correlação ( $r = 0,97$ ;  $P < 0,0001$ ) e uma regressão linear que permitiu a conversão dos limites de interpretação existentes para o N-tester (Verdenal et al., 2023)



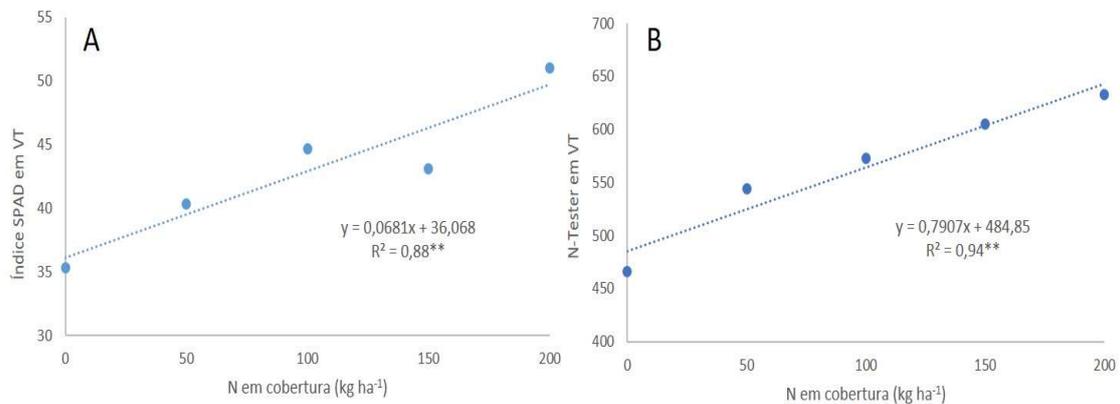
**Figura 2.** Dispersão de pontos e correlação de Pearson ( $r$ ) entre o teor de N na parte aérea de plantas de milho em V6 e o índice SPAD (A), N-Tester (B) e a quantidade de N acumulado e o índice SPAD (C), e N-Tester (D) mensurado nas folhas que definem o estágio.



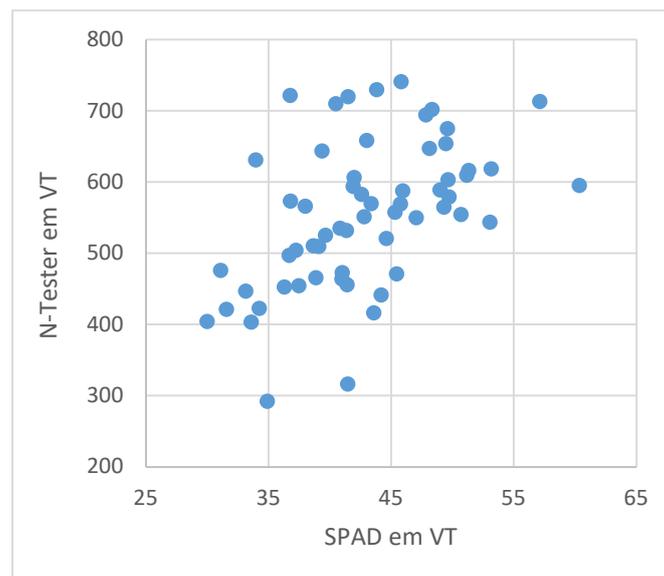
**Figura 3.** Dispersão de pontos e correlação de Pearson ( $r$ ) entre o índice SPAD e o N-Tester de plantas de milho em V6.

## 4.2 Estádio VT

Não se observou qualquer efeito da adubação de base ou da interação entre a adubação de base e as doses aplicadas em cobertura para os valores de N-Tester e índice SPAD mensurados em VT. Assim como ocorrido em V6, observou-se somente efeito isolado das doses de N aplicadas em cobertura. Tanto o índice SPAD quanto os valores de N-Tester aumentaram à medida que maiores foram também as doses de N aplicadas em V3 (Fig. 4). Esses dois índices apresentaram entre si correlação positiva, porém moderada (0,50) (Fig. 5). A determinação da cor verde da folha é possível de ser realizada de maneira rápida por meio de clorofilômetro sendo fundamental para uma precisão de rapidez em diagnósticos foliares (Pôrto et al., 2011).



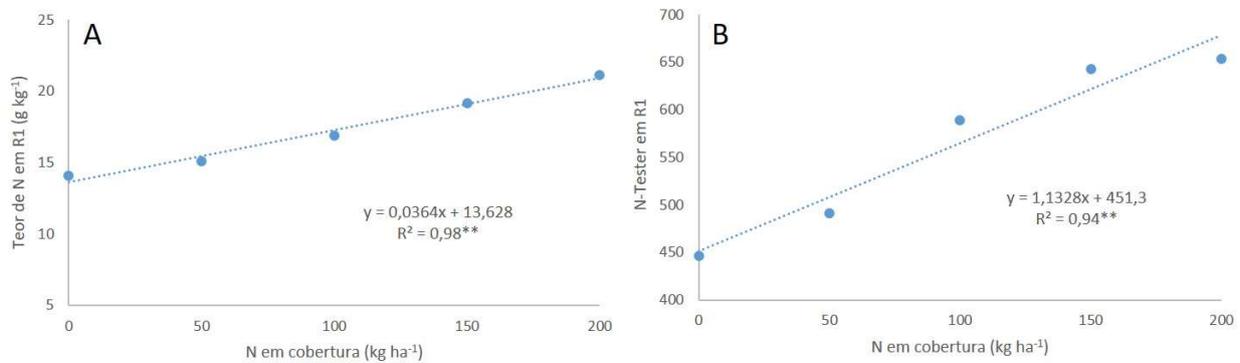
**Figura 4.** Índice SPAD (A) e valores de N-Tester (B) de plantas de milho em VT em função de doses de nitrogênio (N) aplicadas em cobertura (em V3).



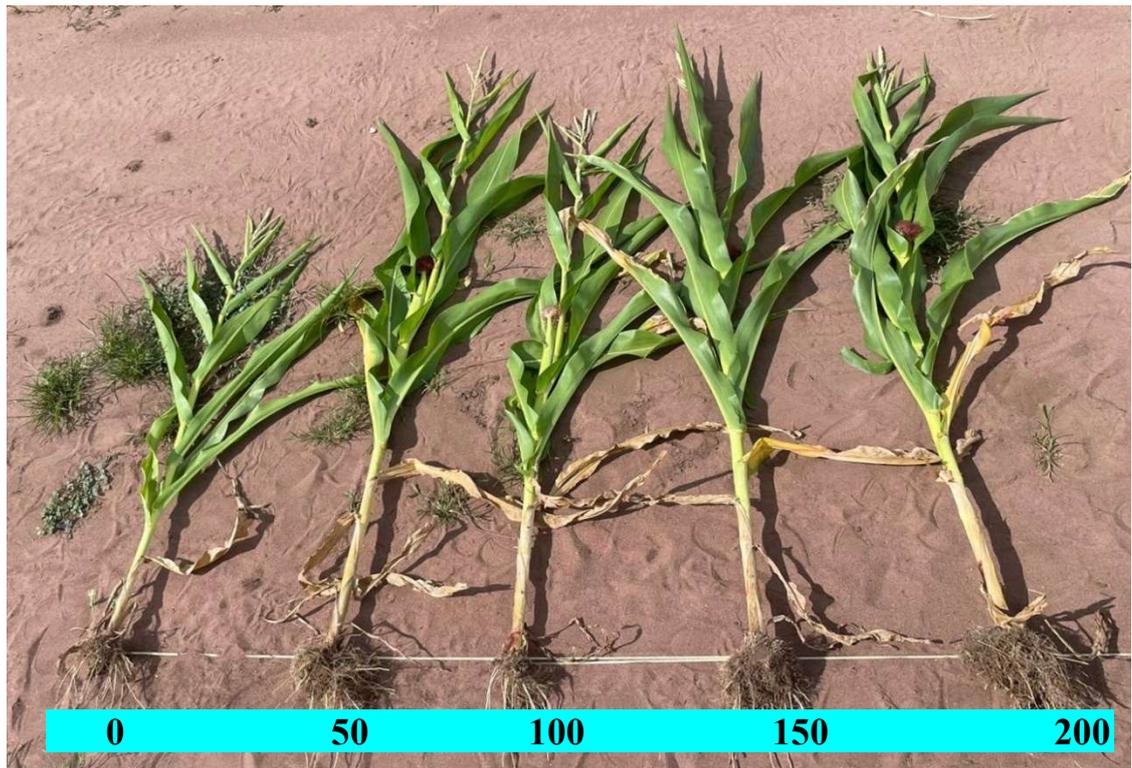
**Figura 5.** Dispersão de pontos e correlação de Pearson ( $r$ ) entre o índice SPAD e o N-Tester de plantas de milho em VT.

### 4.3 Estádio R1

Para o teor de N e valores de N-Tester mensurados na folha diagnose não se observou efeito significativo da adubação de base. A interação entre os fatores também não foi significativa. Observou-se somente efeito isolado da adubação de cobertura, que resultou em aumento do teor de N e valor de N-Tester à medida que se aumentou a dose de N aplicada em V3 (fig. 6), corroborando o que se observava em campo (fig. 7).

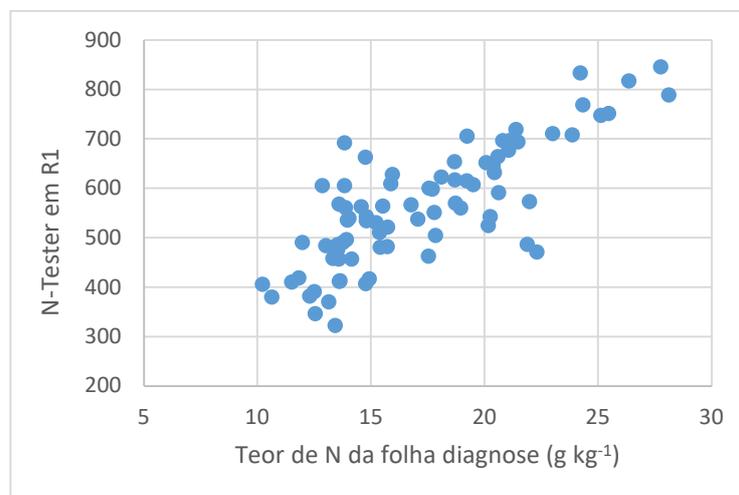


**Figura 6.** Teor de nitrogênio (A) e valores de N-Tester (B) na folha diagnose de plantas de milho em R1 em função de doses de N aplicadas em cobertura (em V3).



**Figura 7.** Plantas de milho em R1 em função de doses de nitrogênio (N) (0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura (em V3). Montividiu – GO, 2023.

Diferentemente do observado em V6, a correlação entre as leituras do N-Tester e o teor de N mensurado em R1 foi positiva e forte (Fig. 8). Isso se justifica pelo fato de que, em R1, as medidas foram feitas nas mesmas folhas (abaixo e oposta à primeira espiga), precisamente na mesma porção da folha (terço médio, considerando-se somente o limbo foliar).



**Figura 8.** Dispersão de pontos e correlação de Pearson ( $r$ ) entre o teor de N e N-Tester mensurados na folha diagnose de plantas de milho em R1.

## 5 CONCLUSÕES

O híbrido de milho P3858WU responde positivamente à adubação nitrogenada até a dose de 200 kg ha, evidenciado pelo aumento linear dos teores de N nas plantas em V6 e nas folhas diagnose em VT e R1.

O clorofilômetro portátil N- Tester se mostrou eficiente na estimativa do status de N na cultura no milho, com resultados similares ao do SPAD-502, sendo assim mais uma importante ferramenta para manejo de N na cultura do milho.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVES, L. R., & BARROS, G. D. C. (2015). Referenciais do mercado e formação do preço do milho no Brasil. *Visão Agrícola*, 13(9), 162-165.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. **Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n. 4, p.715-722, 2001.

BARROS, G. S.C. **MACRO/CEPEA: Agronegócio soma 19 milhões de pessoas ocupadas, metade “dentro da porteira”.** São Paulo: Cepea, 2017.

BASI, S., NEUMANN, M., MARAFON, F., UENO, R. K., & SANDINI, I. E. (2011). **Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho.** *Applied Research & Agrotechnology*, 4(3).

CANISARES, L. P., GROVE, J., MIGUEZ, F., & POFFENBARGER, H. (2021). **Long-term no-till increases soil nitrogen mineralization but does not affect optimal corn nitrogen fertilization practices relative to inversion tillage.** *Soil and Tillage Research*, 213, 105080.

COELHO, A. M. (2006). **Nutrição e adubação do milho.** Circular Técnica. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Disponível em:< [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19622/1/Circ\\_78.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19622/1/Circ_78.pdf)>. Acesso em: 08 mar. 2024.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Produção de grãos na safra 2023/24 deve atingir 312,3 milhões de toneladas influenciada por clima.** 2023. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5313-producao-de-graos-na-safra-2023-24-deve-atingir-312-3-milhoes-de-toneladas-influenciada-por-clima#:~:text=Neste%20primeiro%20ciclo%20de%20cultivo,118%2C53%20milh%C3%B5e>>

s%20de%20toneladas.>. Acesso em: 19 fev. 2024.

ECKHARDT, O. **O nitrogênio na cultura do milho**. 2019. UFMS: PET Agronomia. Disponível em:< <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2019/09/10/o-nitrogenio-na-cultura-do-milho>>. Acesso em: 08 mar. 2024.

GAZOLA, D., ZUCARELI, C., SILVA, R. R., & FONSECA, I. C. D. B. (2014). **Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 700-707.

LORENZETTI, F. D. C. **Efeito da antecipação da adubação nitrogenada na pré-  
semeadura do milho aplicada sobre resíduos culturais de milheto**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

MELO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. **EMBRAPA:Circular Técnica** 5, 1997.

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, B. S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 49, n. 1, janeiro/março, 2011.

PÔRTO, M. L., PUIATTI, M., FONTES, P. C. R., CECON, P. R., ALVES, J. D. C., & de ARRUDA, J. A. (2011). **Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha**. *Horticultura brasileira*, 29, 311-315.

RAMBO, L., SILVA, P. R. F. D., STRIEDER, M. L., DELATORRE, C. A., BAYER, C., & ARGENTA, G. (2008). Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43, 401-409.

SALDANHA, A. P. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho: métodos de aplicação**. 2003. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Agrícola, Alegrete, 2023.

SILVA, T. H. **Desempenho agrônômico do milho cultivado sob diferentes manejos de adubação nitrogenada**. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Chapecó – SC.

SILVA, H. D. S., & SOUZA, A. P. D. (2020). Recomendação de adubação nitrogenada para o milho cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 24, 762-768.

SILVA, D. F. da; GARCIA, P. H. de M.; SANTOS, G. C. de L.; FARIAS, I. M. S. C. de .; PÁDUA, G. V. G. de .; PEREIRA, P. H. B. .; SILVA, F. E. da .; BATISTA, R. F. .; GONZAGA NETO, S. .; CABRAL, A. M. D. Morphological characteristics, genetic improvement and planting density of sorghum and corn crops: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e12310313172, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13172. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13172>. Acesso

em: 19 feb. 2024.

SOUSA, G. G., SOUSA, H. C., DOS SANTOS, M. F., LESSA, C. I. N., & GOMES, S. P. (2022). Água salina e adubação nitrogenada na composição foliar e produtividade do milho. *Revista Caatinga*, 35(1), 191-198.

THIND, H. S., & GUPTA, R. K. (2010). **Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review.** *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88, 361-380.

VERDENAL, T., ZUFFEREY, V., REYNARD, J. S., & SPRING, J. L. (2023). **Nitrogen nutrition status of the vine: correlation between N-tester and SPAD chlorophyll indices.** *IVES Technical Reviews, vine and wine*.

WICHARUCK, S., SUANG, S., CHAICHANA, C., CHROMKAEW, Y., MAWAN, N., SOILUEANG, P., & KHONGDEE, N. (2024). **The implementation of the SPAD-502 Chlorophyll meter for the quantification of nitrogen content in Arabica coffee leaves.** *MethodsX*, 102566.

YANG, S., CHEN, K., ZHU, B., ZHANG, W., YIN, M., DU, E., & ZHENG, C. (2023). **The influence of nitrogen fertilization on crop production and ecohydrology in an endorheic river basin.** *Journal of Hydrology*, 625, 130035.

ZHANG, X., DAVIDSON, E.A., MAUZERALL, D.L., SEARCHINGER, T.D., DUMAS, P., SHEN, Y., (2015). **Managing nitrogen for sustainable development.** *Nature* 528, 51-59.

ZUFFO, A. M., ANDRADE, F., SCHOSSLER, T. R., MILHOMEM, D., & PIAULINO, A. (2012). **Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD.** *Enciclopédia Biosfera*, 8(15).