

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO CIÊNCIAS DA VIDA
CURSO DE AGRONOMIA**

NATÁLIA CIOTA TAVARES

**USO DE NDVI E FAIXA RICA NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE ADUBAÇÃO
NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO**

VACARIA

2023

NATÁLIA CIOTA TAVARES

**USO DE NDVI E FAIXA RICA NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE ADUBAÇÃO
NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito
à obtenção do Título de Bacharel em Agronomia
da Universidade de Caxias do Sul, Campus
Universitário de Vacaria.

Orientador (a): Prof. Dra. Elaine Damiani Conte

VACARIA

2023

NATÁLIA CIOTA TAVARES

**USO DE NDVI E FAIXA RICA NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE ADUBAÇÃO
NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito
à obtenção do Título de Bacharel em Agronomia
da Universidade de Caxias do Sul, Campus
Universitário de Vacaria.

Orientador (a): Prof. Dra. Elaine Damiani Conte

Aprovado (a) em:/..... /2023

Prof. Dra. Elaine Damiani Conte – Orientadora
Universidade de Caxias do Sul

Prof.(a) Marcio Eduardo Boeira Bueno
Universidade de Caxias do Sul

Prof.(a) Giseli Cemin
Universidade de Caxias do Sul

USO DE NDVI E FAIXA RICA NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

Natália Ciota Tavares¹

Elaine Damiani Conte²

Resumo: O nitrogênio é um dos elementos mais importante para o desenvolvimento e produtividade do milho. A adubação nitrogenada em taxa variável vem ganhando espaço no campo e no meio científico. Portanto, o objetivo deste trabalho foi otimizar a recomendação da adubação nitrogenada com base na faixa rica e índice vegetativo NDVI (Índice Vegetativo da Diferença Normalizada) obtido com sensor proximal ativo para a cultura do milho em sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido a campo, safra 2021/22 no município de Vacaria/RS. O delineamento experimental foi realizado em parcelões com quatro tratamentos e três repetições. Foram testados diferentes adubações de cobertura, sendo eles T1 Testemunha (0 kg ureia.ha⁻¹); T2: Padrão Regional (300 kg ureia.ha⁻¹); T3: Monitoramento NDVI (150 kg ureia.ha⁻¹ conforme monitoramento); T4: Faixa Rica (500 kg ureia.ha⁻¹). Foram realizadas medições de NDVI com o equipamento Flexum – Falker. Além disso, foram avaliados a população e estatura de planta, número de grãos e linhas/espiga, massa de mil grãos e produtividade da cultura do milho. Os índices NDVI na cultura do milho se mantiveram muito próximos ao longo das avaliações, destacando-se apenas a testemunha. A população de plantas não foi influenciada pelos tratamentos realizados, a estatura de plantas foi menor no tratamento com aplicação de altas doses de nitrogênio. Os teores de clorofila ao final do ciclo apresentaram baixo índice quando receberam doses menores de nitrogênio. O número de grãos por espiga foi maior no T4 e o número de fileiras por espiga maior em todos os tratamentos em relação ao T1. O peso de mil grãos foi inferior nos tratamentos T1 e T3 em relação aos demais. A faixa rica e o índice NDVI podem ser importantes ferramentas para otimizar a adubação nitrogenada na cultura do milho, mas necessita de mais estudos para ajustes.

Palavras chaves: Nitrogênio. Taxa variável. Agricultura de precisão. *Zea mays*.

USE OF NDVI AND RICH RANGE IN DECISION MAKING ABOUT NITROGEN FERTILIZATION IN CORN CROP

Abstract- Nitrogen is one of the most important elements for corn development and productivity. Nitrogen fertilization at a variable rate has been gaining ground in the field and in the scientific community. Therefore, the objective of this work was to optimize the

¹ Acadêmico do curso de Agronomia na Universidade de Caxias do Sul-UCS, Vacaria-RS. E-mail: nataliasiota@hotmail.com.

² Professora Dra. Orientadora da Disciplina de TCC II da Universidade de Caxias do Sul, localizada na Av. Dom Frei Cândido Maria Bampi, 2800 - Barcellos, Vacaria - RS, 95206-364. E-mail: edconte@ucs.br

recommendation of nitrogen fertilization based on the rich range and the NDVI vegetative index (Normalized Difference Vegetative Index) obtained with an active proximal sensor for the corn crop in no-tillage system. The experiment was carried out in the field, harvest 2021/22 in the municipality of Vacaria/RS. The experimental design was carried out in plots with four treatments and three replications. Different topdressing fertilizations were tested, namely T1 Control (0 kg urea.ha⁻¹); T2: Regional Standard (300 kg urea.ha⁻¹); T3: NDVI monitoring (150 kg urea.ha⁻¹ according to monitoring); T4: Rich Range (500 kg urea.ha⁻¹). NDVI measurements were performed with the Flexum – Falker equipment. In addition, plant population and plant height, number of grains and lines/cob, thousand-grain mass and corn crop yield were evaluated. The NDVI indices in the corn crop remained very close throughout the evaluations, with only the control standing out. The plant population was not influenced by the treatments carried out, the plant height was smaller in the treatment with application of high doses of nitrogen. Chlorophyll contents at the end of the cycle showed a low index when they received smaller doses of nitrogen. The number of grains per spike was higher in T4 and the number of rows per spike was higher in all treatments compared to T1. The weight of a thousand grains was lower in treatments T1 and T3 compared to the others. The rich range and the NDVI index can be important tools to optimize nitrogen fertilization in maize, but further studies are needed for adjustments.

Key-words: Nitrogen. Variable rate. Precision agriculture. *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), é uma planta anual, pertence à família das Poáceas, a parte aérea pode atingir uma altura cerca de 2 metros, sua raiz é fasciculada e contém raízes secundárias (BARROS et al., 2014). O seu ciclo varia entre 110 a 180 dias após a emergência, seguindo das etapas de germinação até o enchimento de grãos (COSTA, 2018).

A cultura do milho tem a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que quando bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar a estrutura do solo. Desta forma, sua inclusão no sistema de rotação de cultural é fundamental.

A sustentabilidade de um sistema de produção além de estar apoiada em aspectos de conservação e preservação ambiental, também está nos aspectos econômicos e comerciais (CRUZ et al., 2013).

Entre as práticas e técnicas empregadas para obtenção de maior produtividade de milho, a época de aplicação da cobertura nitrogenada estão entre as decisões mais importantes, associadas à escolha da cultivar e sistema de cultivo (GROSS et al., 2006). O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos e determinantes para produtividade da cultura

do milho e é exportado em grande quantidade nos grãos (CHIOCHETTA, 2019).

Esse nutriente exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e tem importante função como integrante da molécula de clorofila (GROSS et al., 2006).

No geral, é possível afirmar que o nitrogênio é determinante para o crescimento, desenvolvimento e rendimento das plantas, já que pode influenciar nos processos fisiológicos essenciais para a manutenção da vida vegetal (BASI et al., 2011).

Uma pequena parte do nitrogênio total do solo encontra-se nas formas minerais de amônio e nitrato, as quais são as formas aproveitadas e de maior interesse para a nutrição vegetal. Desta forma o nutriente pode ser fornecido para a cultura através da matéria orgânica presente no solo, por fertilizantes minerais e orgânicos (RAIJ, 2011).

No sistema de plantio direto recomenda-se aplicar na semeadura entre 20 a 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, quando a área possui resíduos de gramíneas e entorno de 10 a 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio quando o resíduo for de uma leguminosa (CQFS, 2016 – RS/SC, 2016).

As recomendações de nitrogênio para a cultura do milho estão relacionadas com o teor de matéria orgânica, a expectativa de rendimento e o histórico da área. Com o surgimento de híbridos mais produtivos e maiores necessidade de produção de grãos há a necessidade de ajustes nas quantidades aplicadas de nitrogênio para a produção de milho (SILVA et al., 2015).

A determinação da dose deve-se levar em consideração a extração e exportação pela cultura, pois o nitrogênio é absorvido em grandes quantidades. A maior parte do nitrogênio do solo está ligada a fração orgânica e para se tornar disponível para as plantas depende da atividade dos microrganismos e fatores climáticos como umidade e temperatura (CANTARELLA et al., 2018).

A Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2016), sugere que ao aplicar dosagens elevadas de N é recomendado efetuar as aplicações em duas etapas, 50% da dose no estágio fenológico V4 (quarta folha) e V6 (sexta folha) e os 50% restantes em V8 (oitava folha) e V9 (nona folha).

Outra alternativa que vem trazendo resultados interessantes é a aplicação em taxa variável, métodos têm sido propostos visando à melhoria da administração de nitrogênio, aumentando a produtividade com a proteção do meio ambiente, diminuindo a concentração

de nitratos no solo e na água. Entre eles, destaca-se a agricultura de precisão (AP), que consiste na aplicação localizada dos insumos agrícolas em função da necessidade específica local (SOUZA et al., 2009).

A AP é baseada no uso de informações e ferramentas de decisão baseadas na ciência para melhorar a produtividade e a lucratividade. Aplicação de insumos no local correto, nas quantidades necessárias e nos momentos adequados (SHANNON et al., 2018).

Dentre as ferramentas existentes, destaca-se o sensoriamento remoto (SR) utilizado de forma extensiva na AP, por meio de diferentes tipos de sensores (ativo e passivo) que torna possível calcular índices de vegetação para estimar o estado nutricional das plantas durante o ciclo de desenvolvimento e realizar a aplicação e a variação das quantidades aplicadas de nitrogênio em tempo real, possibilitando maior eficiência do uso do fertilizante (ZERBATO et al., 2016).

Sendo assim a disponibilização de sensores óticos ativos terrestres no mercado esta possibilitando avanços na prática da adubação nitrogenada em diferentes culturas, com a perspectiva de se automatizar a decisão relativa a doses a serem aplicadas a partir de mensurações e intervenções em tempo real e realizar aplicação em taxa variável (MOLIN et al., 2010).

Atualmente, encontra-se no mercado diferentes sensores de vegetação, a função destes sensores é a quantificação de um índice de vegetação específico para estimativa da dose de nitrogênio em cobertura a ser aplicada em uma cultura, um dos sensores de vegetação atualmente utilizados é o Greenseeker, desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA) ao longo da década de 90 e licenciado pela NTech Industries, permite rápida mensuração do NDVI seu princípio de funcionamento é por diodos de emissão de radiação na faixa do vermelho e do infravermelho próximo. A radiação emitida pelo sensor incide sobre o dossel e é refletida pelo dossel da cultura e medida por um fotodiodo localizado no equipamento (NTECH INDUSTRIES, 2008). Com resolução para caracterizar o dossel quanto ao índice de área foliar, índice de área verde, biomassa e conteúdo de nutrientes (PIETRAGALLA e VEJA, 2012).

O NDVI é um indicador da biomassa fotossinteticamente ativa, é utilizado como fonte o valor da reflectância de dois comprimentos de onda, a vermelha e a infravermelho próximo, por meio da comparação matemática entre a quantidade de luz vermelha visível absorvida e a infravermelho próximo refletido pela vegetação. A clorofila em uma planta saudável

absorve a maior parte da luz vermelha visível, enquanto sua estrutura celular reflete a maior parte do infravermelho próximo (TOSTO et al., 2014)

O NDVI apresenta variação numérica de -1 a +1, sendo os valores positivos referentes ao vigor vegetativo da cultura, enquanto que os valores negativos indicam presença de água ou ausência de vegetação, quanto mais os valores aumentam, maiores são as diferenças entre a reflectância do infravermelho próximo, que indica na maior quantidade de clorofila e vigor de desenvolvimento com isso maior o potencial produtivo das plantas (RISSINI, 2011). Na cultura do milho, foi reportada alta correlação entre os valores de NDVI e a produção de biomassa da parte aérea e o rendimento de grãos (MARTIN et al., 2012).

Embora, a análise química do solo continue sendo o método mais eficaz para diagnosticar os nutrientes no solo, quando se trata do melhor aproveitamento do nitrogênio a utilização de ferramentas como a faixa rica é essencial para a otimização do nutriente (RAUN et al., 2005).

A faixa rica representa uma parte da área que recebe fertilizante nitrogênio suficiente, independentemente das condições ambientais, o nutriente não será deficiente durante o seu desenvolvimento. O indicador simples da faixa rica é se precisa ou não aplicar de nitrogênio. Porém esta maneira não indica a quantidade do nutriente aplicado, para isto é necessário um medidor ativo de NDVI, utilizando um sensor e os dados das medições do potencial de rendimento da faixa rica e o potencial do restante do campo é possível calcular as taxas de nitrogênio. A aplicação da faixa rica deve ser realizada logo após a semeadura (ARNALL e RAUN, 2018).

Com isso, o objetivo deste trabalho é otimizar a recomendação da adubação nitrogenada com base na faixa rica e NDVI obtido com sensor proximal ativo para a cultura do milho em sistema de plantio direto.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo, safra 2021/2022 no município de Vacaria, Rio Grande do Sul, na área experimental da Universidade de Caxias do Sul, campus Vacaria sob coordenadas latitude 28°31' S° e longitude 50°54' O°, altitude de 971 metros. O solo do experimento é classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2006), utilizado o sistema de plantio direto desde o ano de 2015.

A semeadura foi realizada em 29 de out/2021 com sementes da cultivar B2702VYHR,

certificadas C1 de milho híbrido com garantia de germinação de (85%) e pureza de (98%). Semeadas em sistema de plantio direto, com espaçamento de 0,5 m e 3,6 sementes por metro linear.

A todos os tratamentos foram realizadas adubações de 350 kg.ha⁻¹ com a formulação 5-30-15 na linha de semeadura do milho e em cobertura 150 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio na concentração de 60% de K₂O. A fonte de nitrogênio utilizada foi uréia (45% N), a qual foi distribuído em cobertura.

O experimento foi instalado na forma de parcelões de 80 m² cada, com 4 tratamentos com diferentes formas de definição da adubação nitrogenada de cobertura e estes foram divididos em 3 repetições. No tratamento testemunha (T1) não foi realizada adubação nitrogenada em cobertura. No tratamento padrão produtor (T2) foi realizado a primeira aplicação na dose de 150 kg ureia.ha⁻¹ em estágio V3 e a segunda aplicação de 150 kg ureia.ha⁻¹ em estágio V8. No tratamento monitoramento NDVI (T3) foi realizada uma única aplicação de 150 kg ureia.ha⁻¹ em estágio V3. No tratamento faixa rica (T4) foi realizada a primeira aplicação na dose de 250 kg ureia.ha⁻¹ logo após a semeadura e a segunda aplicação de 250 kg ureia.ha⁻¹ em estágio V3, foram divididas as aplicações para evitar lixiviações.

Foram realizadas as leituras do NDVI através do sensor proximal – FLEXUM desenvolvido pela Falker acoplado em um quadriciclo com 1 metro de altura do dossel da planta, foi realizada uma medição contínua em cada parcelão semanalmente após as aplicações de ureia e realizada a média de cada uma delas.

Entre os estádios R5 e R6 realizou-se a avaliação de estatura de plantas, foram escolhidas 10 plantas aleatoriamente as quais foram medidas da base à ponta da planta, contendo 3 repetições em cada tratamento. No mesmo período foram realizadas as avaliações de clorofila com o equipamento ClorofiLOG da falker.

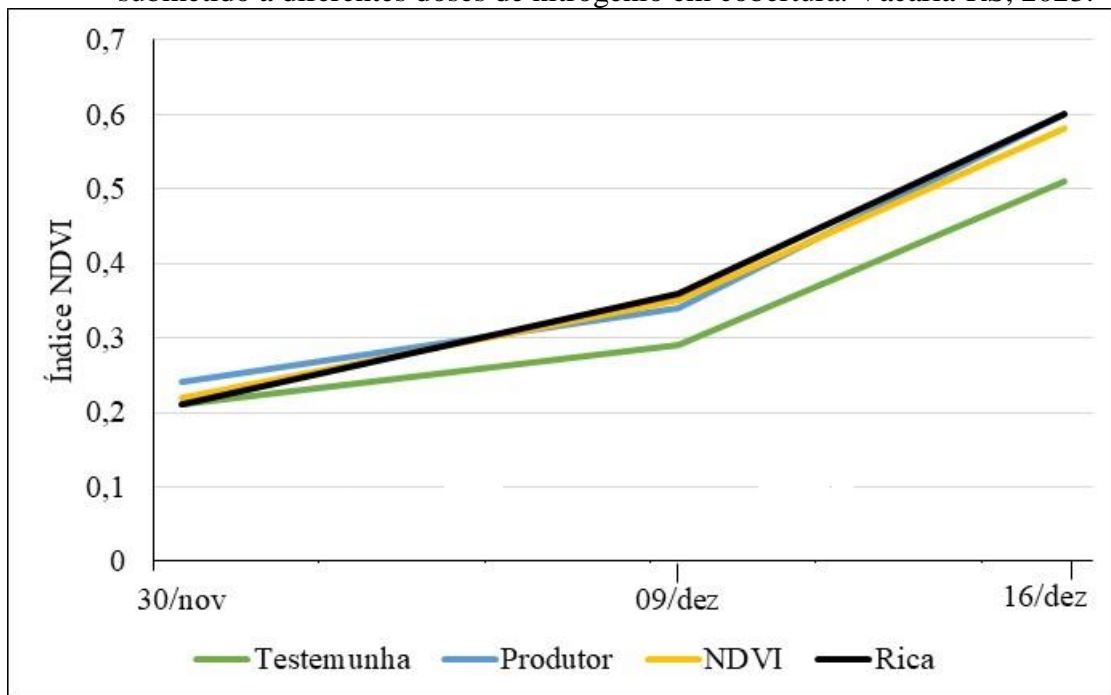
A colheita foi realizada manualmente onde foram colhidas 30 espigas por tratamento e realizada a contagem de número de linhas e grãos por espiga. Posteriormente com o auxílio de um trator e batedor foram trilhadas e pesadas em uma balança eletrônica para estimativa da produtividade baseando-se na população de plantas avaliadas na área. O peso de mil sementes (PMS) foi realizado no Laboratório de Sementes e Fitopatologia da UCS.

Os dados obtidos nas avaliações foram analisados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. As médias foram comparadas pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As análises foram executadas com auxílio do Software AgroEstat versão online (MALDONADO JUNIOR, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices NDVI na cultura do milho se mantiveram muito próximos ao longo das avaliações nos tratamentos com manejo da adubação nitrogenada padrão produtor, monitoramento NDVI e Faixa Rica, destacando-se apenas a testemunha, onde foi aplicado nitrogênio apenas na semeadura, que se manteve abaixo em todas as avaliações realizadas (Figura 1).

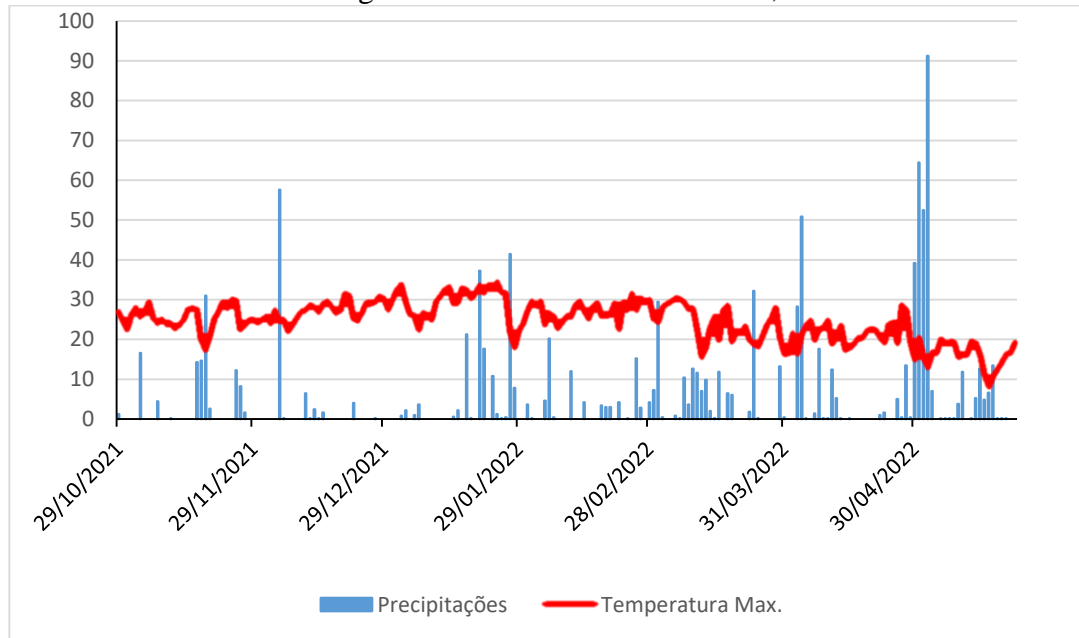
Figura 1 – Monitoramento Índice NDVI em plantas de milho cultivar B2702VYHR submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Vacaria-RS, 2023.



Os dados indicativos do monitoramento NDVI nos tratamentos apresentaram uma evolução na sequência das medições não diferindo significativamente entre o tratamento com monitoramento NDVI e a Faixa Rica, possibilitando então a não aplicação de nitrogênio no tratamento (T3). Cabe salientar que até o período avaliado as precipitações se mantiveram abaixo do padrão normal (Figura 2). Foi registrado para o mês de dezembro um volume total de 72 mm em apenas 5 dias, sendo o normal de 125 mm INMET (2023). No entanto, na medida que a cultura evoluiu, as precipitações se aproximaram da normal e as medições não foram mais possíveis de se realizar devido a estatura das plantas e o equipamento disponível. Assim, o

tratamento com aplicações nitrogenadas baseadas pelo monitoramento NDVI não recebeu a segunda aplicação de nitrogênio.

Figura 02 – Dados de precipitação e temperatura máxima ocorridas durante o período de condução do experimento para cultura do milho, cultivar B2702VYHR submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Vacaria-RS, 2023.



Apesar do acúmulo de chuvas ter sido de 1028,8 mm INMET (2023), superior ao que a cultura necessita, a distribuição foi desuniforme, ocorrendo a falta de chuva nos períodos críticos e um excesso de chuvas no final do ciclo. Segundo Albuquerque et al. (2010), a cultura para grãos consome de 380 a 550 mm de água em seu ciclo completo.

A população de plantas não foi influenciada significativamente pela aplicação de nitrogênio nos tratamentos realizados (Tabela 1). Já a estatura de plantas foi menor no tratamento com aplicação de altas doses de nitrogênio do tratamento Faixa Rica.

Tabela 01 – Resultado das médias de população e estatura de planta, da cultura do milho cultivar B2702VYHR submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Vacaria-RS, 2023.

Tratamentos	População de plantas	Estatura de planta
Testemunha	66667 ^{ns}	186,65 a
Faixa rica	75833	168,30 b
Padrão regional	75000	180,67 a
Monitoramento NDVI	72500	184,00 a
CV(%):	7,20	7,68

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). ^{ns} não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). CV= Coeficiente de variação.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2009) a aplicação de nitrogênio na cultura do milho estimula a proliferação das raízes e com isso consequentemente o desenvolvimento da parte aérea e vegetativa. Alguns trabalhos obtiveram resultados positivos com o acréscimo de nitrogênio. Para Pizolato et al. (2016) a dosagem que proporcionou a máxima altura de plantas está entre 110 kg.ha⁻¹ a 113 kg.ha⁻¹, Cruz et al. (2008) e Heinrichs et al. (2003) também obtiveram resultados positivos com dosagens entre 90 kg.ha⁻¹ e a 130 kg.ha⁻¹. Nestes trabalhos, os autores observaram também que dosagens acima acaba sendo prejudicial as plantas, ocorrendo o auto sombreamento e contribuindo para a redução e declínio das mesmas. Mas vale salientar que pode ocorrer variações devido ao manejo, solo, clima e cultivar avaliada.

Através dos teores de clorofila nas folhas de milho foi possível observar nos tratamentos Testemunha e Monitoramento NDVI, os quais receberam doses menores de nitrogênio, apresentaram menor índice de clorofila A, B e Total no final do ciclo a cultura (Tabela 2).

Tabela 02 – Teores de clorofila A, clorofila B e clorofila Total da cultura do milho cultivar B2702VYHR, entre os estádios R5 e R6 submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Vacaria-RS, 2023.

Tratamentos	Índice de clorofila		
	A	B	Total
Testemunha	30,74b	5,90b	37,91 b
Faixa rica	44,96a	12,77 ^a	56,56 a
Padrão regional	42,64a	10,45 ^a	54,15 a
Monitoramento NDVI	30,36b	5,81b	38,13 b
CV(%):	26,29	69,71	32,92

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). CV= Coeficiente de variação.

Borghini et al. (2016) obtiveram resultados similares ao presente trabalho mostrando que com doses maiores de nitrogênio os níveis de clorofila também aumentam. Os índices de clorofila nas folhas, obtidos através dos sensores proximais, com base na quantidade de luz refletida através das folhas na faixa do vermelho e do infravermelho próximo possibilita diagnosticar a necessidade do nutriente (COELHO, 2010). Portanto, a menor clorofila observada no final do ciclo indica provavelmente a necessidade do nutriente na fase final do ciclo, fato esse que não foi possível acompanhar pelo índice NDVI através do sensor proximal devido a estatura das plantas. No entanto, com a possibilidade de obter os dados NDVI via satélite poderia se monitorar até o final do ciclo e diagnosticando a necessidade durante todo ciclo e realizar uma aplicação tardia, pois segundo Rodrigues (2015) a planta ainda absorve

aproximadamente 50% do nitrogênio necessário após o início do florescimento. No entanto, a viabilidade da aplicação na prática precisa ser estudada devido a alta estatura das plantas e portanto, o amassamento causado pelas máquinas, podendo comprometer o custo benefício dessa prática.

Com relação aos componentes de rendimento grãos/espiga, fileiras/espiga e PMG houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). O número de grãos por espiga foi maior no tratamento Faixa Rica em relação à Testemunha. Já em relação ao número de fileiras por espiga todos os tratamentos foram superiores a Testemunha. O peso de mil grãos foi inferior nos tratamentos Testemunha e Monitoramento NDVI em relação aos demais.

Tabela 03 – Resultados dos componentes de rendimentos e produtividade na cultura do milho cultivar B2702VYHR submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Vacaria-RS, 2023.

Tratamentos	grãos/espiga	Fileiras/espiga	PMG	Produtividade
Testemunha	228,90 b	10,90b	45,31b	5486
Faixa rica	321,50 a	13,30 ^a	53,60a	9458
Padrão regional	285,70 ab	13,31 ^a	53,74a	8541
Monitoramento NDVI	288,70 ab	13,00a	48,05b	6299
CV(%):	22,05	13,52	7,51	-

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) para grãos/espiga e fileiras/espiga. CV= Coeficiente de variação.

Quanto a estimativa de produtividade de grãos, foi possível observar que em todos os tratamentos tiveram resultados positivos apesar das condições climáticas, resultando um estresse hídrico atingindo as áreas da região, mesmo o tratamento testemunha sem a aplicação de nitrogênio em cobertura, a produtividade de 5486 kg.ha⁻¹ se apresentou acima das produções médias dos trabalhos realizados na mesma área e época.

Para Coelho (2007), Saiz-Fernández et al. (2015) e Rodrigues et al. (2018) a aplicação de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento do milho proporciona maior número de grãos por espiga, a importância da aplicação também quando a planta se encontra no estágio V8 período em que ocorre a confirmação do número de fileiras por espigas. Por isso, nestes estádios o suprimento adequado de N para a planta é de fundamental importância para a definição de seu potencial produtivo. Cabe salientar que no tratamento com Monitoramento NDVI não houve diferenças significativas em relação ao número de grãos e fileiras por espiga em relação à Testemunha, indicando que o fornecimento de nitrogênio até este período (V8) não comprometeu a produção. Por outro lado, a redução na clorofila, no PMG e a menor

produtividade na parcela em relação a Faixa Rica e o Padrão Regional indicam falta de nitrogênio no final do ciclo.

Portanto, são necessários mais estudos em diferentes condições climáticas, principalmente precipitação, para definição de estratégias de uso eficiente dessas importantes ferramentas para definição da dose de nitrogênio a aplicar. Neste trabalho, a falta de chuvas reduziu as taxas de lixiviação de nitrogênio no solo, o que retardou a necessidade de aplicação do nitrogênio, dificultando o monitoramento.

Na oportunidade de repetição deste experimento a utilização de imagens via satélite e a utilização do clorofilômetro desde o início é uma boa alternativa de monitorar a cultura em todo o período. Uma área de pesquisa maior para a possibilidade de monitoramento via satélite. Plantas de coberturas específicas para fixação de N e cultivares ou outras culturas por exemplo o trigo no inverno que também necessita de aplicações de nitrogênio em cobertura. São possíveis alternativas para pesquisas e assim contribuir para melhor produtividade e otimização de nutrientes.

4 CONCLUSÕES

A Faixa Rica e o Índice NDVI podem ser importantes ferramentas para otimizar adubação nitrogenada através da taxa variável na cultura do milho, mas necessita de mais estudos para ajustes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Pep. Sistemas de produção: Cultivo do milho–Manejo de Irrigação. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81707/1/Manejo-irrigacao.pdf>>. Acesso em: 19. jun. 2023.
- ARNALL D. B.; RAUN B. "Aplicação de tiras ricas em nitrogênio." Oklahoma State University 2018. Disponível em: <<https://extension.okstate.edu/fact-sheets/applying-nitrogen-rich-strips.html>>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- BARROS, José FC, CALADO, José G. A cultura do Milho. 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/10804>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BASI, Simone et al. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 4, n. 3, 2011. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1433>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BORGHI, Emerson et al. Índice de vegetação, teor de clorofila e eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1054987/1/Indicevegetacao.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CANTARELLA, et al. (2018). Eficiência agrônômica do NBPT como inibidor de urease: uma revisão. *Jornal de pesquisa avançada*, 13, 19-27. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123218300638>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CHIOCHETTA Junior, Jose Carlos. Efeito de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes na dinâmica do nitrogênio no solo e na produção da cultura do milho (*Zea mays*). 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10198/21027>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

COELHO, ANTÔNIO MARCOS. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/486122/1/Circ96.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

COELHO, Antônio Marcos. Uso de sensores no diagnóstico da necessidade da adubação nitrogenada na cultura do milho. 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/876493/1/CT181.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

COSTA, Lídia Beatriz De Oliveira. Métodos de despendoamento mecânico na produção de sementes híbridas de milho. MS thesis. Universidade Federal de Pelotas, 2018. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4091>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, p. 67- 68-69-126-127, 2016.

CRUZ, et al. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E) (2013). Disponível em: <<https://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/arquivoPub.php?publicacaooid=90000022>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

CRUZ, et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema de plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 62-68, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/nZhCyzWqwbp8yqyRVNRbdRj/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

FANCELLI, AL.; DOURADO NETO. Milho: manejo e produtividade. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.

GROSS, et al. (2006). Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 387-393. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/rq9MYpyd7VjCqvFC3TW8RXh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

HEINRICHS, et al. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v. 2, n. 4, p. 1-5, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Reges-Heinrichs-2/publication/242621404_doses_de_nitrogenio_em_cobertura_na_cultura_do_milho/links/561e63cd08aef097132c3eca/doses-de-nitrogenio-em-cobertura-na-cultura-do-milho.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SHANNON, et al. Uma introdução à agricultura de precisão. *Noções básicas de agricultura de precisão*, p. 1-12, 2018. Disponível em: <<https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/precisionagbasics.2016.0084>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MARTIN, et al. Previsão por planta do rendimento de grãos de milho usando leituras de sensores ópticos e altura da planta medida. *Journal of Plant Nutrition*, v.35, n.9, p.1429-1439, 2012.

MOLIN, et al. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 1345-1349, 2010. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001200014>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

NTECH INDUSTRIES. Greenseeker Manuals. Disponível em: <<http://agronline.net/produto/greenseeker-manual/>>. Acesso em 12 jan. 2023.

PIETRAGALLA, J.; VEJA, A. M. O índice de vegetação de diferença normalizada. In: PASK, A. 2012. p. 37- 40.

PIZOLATO NETO, Antonio et al. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. *Nucleus*, v. 13, n. 1, p. 87-96, 2016. Disponível em:<<https://core.ac.uk/download/pdf/268034285.pdf>>. Acesso em 12 mar. 2023.

RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAUN et al. Obtenha suas tiras ricas em nitrogênio o quanto antes. 2005. Disponível em:

<https://shareok.org/bitstream/handle/11244/51689/oksd_prodtech_PT2005-03.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 jan. 2023.

RISSINI, et al. Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1703-1713, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xq8qCbBSpP4MtRH6nGk8Yzr/abstract/?lang=pt#>>. Acesso em: 13 jan. 2023.

RODRIGUES et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho. 2015. Disponível em: <<http://www.aprender.posse.ueg.br:8081/jspui/handle/123456789/73>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

RODRIGUES, Fábio Junior et al. Eficiência agrônômica da cultura do milho sob diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. *UNICIÊNCIAS*, v. 22, n. 2, p. 66-70, 2018. Disponível em: <<https://uniciencias.pgskroton.com.br/article/view/6284>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SAIZ-FERNÁNDEZ, et al. O alto suprimento de nitrato reduz o crescimento do milho, desde a célula até a planta inteira. *Jornal de Fisiologia Vegetal*, v. 173, n. 1, p. 120-129, 2015. Disponível em: <DOI: 10.1016/j.jplph.2014.06.018.>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SILVA, et al. Estimativas da necessidade de nitrogênio para produção de grãos e silagem de milho. *Revista Caatinga*, v. 28, p. 12-24, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/gGLhcrK4gW4xGRkcL7xk8Sb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SOUZA, et al. Índices de vegetação no milho em função da hora do dia e da taxa de nitrogênio aplicada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 865-872. (2009). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/GQbpwPbKFMgVfLcDLLJgp8f/abstract/?lang=pt#>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TOSTO, et al. "Geotecnologias e geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde." Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E) (2014). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/988805/1/500P-Geotecnologias-e-geoinformacao-ed01-2014.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

ZERBATO, et al. Características agrônômicas associadas ao índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na cultura do amendoim, v. 10, n. 5, p. 758-764, 2016.