

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ARLESTON PINHEIRO SALDANHA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO: MÉTODOS
DE APLICAÇÃO**

**Alegrete
2023**

ARLESTON PINHEIRO SALDANHA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO: MÉTODOS
DE APLICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius dos Santos Cunha

**Alegrete
2023**

ARLESTON PINHEIRO SALDANHA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO: MÉTODOS
DE APLICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 17, julho de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vinícius dos Santos Cunha
Orientador
UNIPAMPA

Prof.^a Dra. Eracilda Fontanela
UNIPAMPA

Prof.^a Dra. Lanes Beatriz Acosta Jaques
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **VINICIUS DOS SANTOS CUNHA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/07/2023, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ERACILDA FONTANELA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/07/2023, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LANES BEATRIZ ACOSTA JAQUES, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 19/07/2023, às 15:31, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1188949** e o código CRC **C85139F0**.

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.), importante *commodity* para o agronegócio brasileiro, cada vez mais necessita de uso racional de insumos. O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura do milho e, exige também um manejo mais complexo, o que mais onera o custo de produção. O aprimoramento no manejo da adubação nitrogenada da cultura torna-se essenciais para o aumento da produtividade, sendo necessário encontrar alternativas para aumentar a eficiência no uso do nutriente. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do milho a diferentes métodos de distribuição de adubação nitrogenada. O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa Campus Alegrete, localizada na região fisiográfica da Fronteira Oeste do Estado Rio Grande do Sul, na safra 2022/2023. O estudo foi composto por três tratamentos relacionados com o manejo da adubação nitrogenada, que são: Tradicional: adubação nitrogenada aplicada de modo tradicional, a lanço, distribuída na área total; Incorporado: adubação nitrogenada incorporada ao solo, antes da semeadura; Precisão: adubação nitrogenada aplicada de modo dirigido, à lanço, para próximo da linha de cultivo. A adubação nitrogenada utilizada como fonte foi a ureia, que possui 44% de N. Conduziu-se o experimento em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, sob sistema sulco-camalhão. Se utilizou o híbrido NK 467 VIP3, na densidade de 67 mil sementes por hectare. Não se observou efeito significativo sobre a produtividade de grãos e componentes da produtividade do milho, com exceção do número de grãos por espiga. O número de grãos por espiga foi menor quando a adubação nitrogenada foi realizada pelo método de Precisão, tendo o método Tradicional e Incorporado não diferido estatisticamente. Com isso, conclui-se, neste trabalho, que o método Tradicional, por ser aquele já amplamente empregado, o método que deve continuar sendo empregado

Palavras-Chave: Milho; Nitrogênio; Aplicação; Eficiência; Produtividade.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.), an important commodity for Brazilian agribusiness, increasingly requires a more rational use of inputs. Nitrogen (N) is the nutrient required in greater quantity by the corn crop and also the most complex to manage and the one that most burdens the production cost. Improvements in the management of nitrogen fertilization of the crop become essential for increasing productivity, and it is necessary to find alternatives to increase the efficiency in the use of the nutrient. Greater use of N can be achieved by synchronizing applications and the period of high demand for the nutrient by the crop, as well as by the application method. The objective of this work was to evaluate the corn response to different nitrogen fertilization distribution methods. The study was conducted in the experimental area of the Federal University of Pampa Campus Alegrete, which is located in the physiographic region of the West Frontier of the State of Rio Grande do Sul. The study consists of three treatments related to the management of nitrogen fertilization, which are: Traditional: nitrogen fertilization applied in the traditional way, distributed in the total area; Incorporated: nitrogen fertilization fully incorporated into the soil; Precision: nitrogen fertilization directed towards the cultivation line. The nitrogen fertilizer used as source was urea. The experiment was conducted in a randomized block design, with 4 replications, under a surface irrigation system, and water conduction through polytubes. Irrigation management based on variable irrigation shift with crop evapotranspiration. The NK 467 VIP3 hybrid was used, at a density of 75 thousand seeds per hectare. With the management carried out for this year, it can be observed that the different methods of application of nitrogen fertilization did not result in expressive differences in terms of productivity.

Keywords: Corn; Nitrogen; Application; Efficiency; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição dos tratamentos (T), T1 - Tradicional, T2 - Incorporado e T3 - Precisão, no experimento.....	20
Figura 2. Método Tradicional a lanço (a), método Incorporado ao solo (b) e método de Precisão na linha de cultivo.....	20
Figura 3. Incorporação de forma manual do fertilizante nitrogenado antes à sementeira.	21
Figura 4. Preparo do solo com grade niveladora.....	22
Figura 5. Componente do equipamento adaptado para a confecção dos sulcos-camalhões.....	23
Figura 6. Suprimento da água por politubos no sulco-camalhão.....	24
Figura 7. População de plantas de milho estabelecida.	26
Figura 8. Pendoamento do milho (VT).	27
Figura 9. Balanço hídrico de cultivo, para o milho, em situação de ausência de reposição hídrica, e temperatura média, máxima e mínima durante o ciclo da cultura.	30
Figura 10. Balanço hídrico de cultivo, para o milho, em situação com reposição hídrica durante a condução do experimento.	31
Figura 11. População de plantas de milho em função do método de aplicação de N.	33
Figura 12. População de plantas de milho em função do método de aplicação de N.	34
Figura 13. Altura de planta (a), altura de inserção da espiga (b) e diâmetro do colmo (c) de milho em função do método de aplicação de N.	35

Figura 14. Número de espigas.ha ⁻¹ (a) e relação espiga.planta ⁻¹ (b) de milho em função do método de aplicação de N.....	36
Figura 15. Número de grãos por espiga (a) e Massa de mil grãos (b) de milho em função do método de aplicação de N.	37
Figura 16. Produtividade de grãos de milho em função do método de aplicação de N.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de água aplicada em milímetros e eficiência teórica de 60%.25

Tabela 2. Resumo do quadro de análise da variância para as variáveis referentes aos componentes do rendimento do milho, produzidos sob diferentes métodos de adubação nitrogenada, na safra agrícola 2023.32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral	13
1.1.1 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Importância da adubação nitrogenada no cultivo do milho	14
2.2 Métodos de aplicação de nitrogênio em milho	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Local e descrição da área.....	19
3.2 Design experimental	19
3.3 Implantação, manejo e reposição hídrica para o milho	21
3.4 Variáveis resposta analisadas	26
3.4.1 População de plantas.....	26
3.4.2 Índice de área foliar	26
3.4.3 Produtividade e seus componentes	27
4.5 Análises estatísticas	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A participação da agricultura no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro é de cerca de 25%, o que evidência sua capacidade competitiva e geradora de riquezas, produzindo alimentos e bioenergia para o país e exterior (CEPEA, 2022).

O avanço das tecnologias, em resposta aos esforços e avanços da pesquisa, tem permitido aumento de produtividade, de modo sustentável e rentável. O uso mais racional de insumos como sementes, fertilizantes e defensivos, é uma demanda frente a necessidade de preservação do meio ambiente, para reduzir o potencial impacto negativo de ações antrópicas. Para tanto, deve-se manter o desenvolvimento de pesquisas, que promovam embasamento, com o propósito de conscientizar os produtores, sobre a importância do uso racional dos recursos de produção.

O milho (*Zea mays* L.) é uma *commodity* importante para o agronegócio brasileiro, dada a sua diversidade de aplicações, tanto na alimentação humana como animal. No cenário mundial, o Brasil ocupa a terceira posição em área cultivada (CONAB, 2022).

O estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta grande importância para o desenvolvimento da agricultura, ocupando o 6º lugar em produção de milho. Entretanto, a produtividade do estado foi apenas a 17ª na safra 21/22, em decorrência da baixa disponibilidade hídrica. O milho é tradicionalmente cultivado na metade norte do estado, sendo que se observa uma recente expansão para a metade sul. Nessa região, o milho vem ocupando áreas tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado, em diversas mesorregiões, como o município de Alegrete, na Fronteira Oeste (TEICHMANN, 2012).

O milho na região vem sendo explorado com o uso de irrigação por superfície, se aproveitando de parte da estrutura do arroz irrigado, apresentando, assim, maior potencial e estabilidade produtiva. Com isso, a produtividade da cultura fica limitada a ocorrência de outros eventos extremos, como altas temperaturas, ou mesmo práticas de manejo, como a adubação.

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pelo milho e aquele com maior dificuldade no manejo. Considerando o custo elevado, a baixa eficiência dos fertilizantes minerais, as altas perdas para o ambiente e o impacto na produtividade, alternativas, como diferentes modos de aplicação e distribuição, podem

melhorar o aproveitamento pela planta, potencializando a produtividade, a rentabilidade e a sustentabilidade.

1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho do milho submetido a diferentes métodos de distribuição de adubação nitrogenada.

1.1.1 Objetivos específicos

- I. Determinar o efeito de diferentes métodos de distribuição da adubação nitrogenada sobre características fitotécnicas da cultura do milho.
- II. Determinar o efeito de diferentes métodos de distribuição da adubação nitrogenada sobre os componentes da produtividade e produtividade de grãos da cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da adubação nitrogenada no cultivo do milho

Devido à evolução nas exportações do agronegócio do país nos últimos anos, percebe-se que, dentre os produtos escoados para o mercado externo em 2022, destaca-se o milho, com o volume embarcado de mais de 90%. Outros produtos, como o óleo de soja, carne bovina e carne de frango tiveram aumento no volume exportado de 64%, 18% e 5,3%, respectivamente, no período de janeiro a setembro de 2022 em comparação com o mesmo período de 2021 (CEPEA, 2022).

O RS é dividido em dois biomas: Mata Atlântica, mais ao norte e o Pampa mais ao sul. Esse último com características de grandes áreas, de topografia levemente ondulada, apresentando-se como um cenário propício para a atividade agropecuária. Destaca-se, dentro do bioma Pampa, a região da Fronteira Oeste do RS, onde tem se observado crescimento acentuado da agricultura, principalmente com culturas de elevado valor econômico como a soja, o milho, o trigo, entre outros (TEICHMANN, 2012).

O milho pertence à família *Poaceae*, denominas também como gramíneas, e é uma espécie originária da América do Norte. É um cereal muito importante em escala global, com sua utilização para diversas finalidades (SILVEIRA *et al.*, 2015). Apresenta alta eficiência no armazenamento de energia pela fotossíntese, em função de seu metabolismo C4. Seu cultivo é possível desde o Equador até o limite das zonas temperadas, do nível do mar até altitudes superiores a 3.600m (MAGALHÃES *et al.*, 1995).

Segundo Coelho (2006), o N é o nutriente que mais limita o crescimento das culturas com metabolismo C4. Assim o N é um dos nutrientes exigidos em maiores quantidades pelo milho, influenciando diretamente na produtividade de grãos. Ainda, apresenta grande influência no custo de produção e atenção na tomada de decisão quanto à dose, fonte e forma de aplicação. Deste modo, Filho (2022) cita que, melhorias no manejo da adubação nitrogenada da cultura tornam-se essenciais para o aumento da produtividade, rentabilidade e sustentabilidade dos sistemas de produção de milho.

Com a evolução da agricultura, cada vez mais, torna-se imprescindível a busca por novas tecnologias, tanto na questão biológica, quanto na forma de aplicação de

insumos. O N, além de ser um nutriente extraído em grande quantidade pelo milho, é também o de manejo mais complexo e o que mais consome o custo de produção da cultura (DUETE *et al.*, 2009). A complexidade no manejo do N se dá em função de suas reações no solo, tanto químicas como biológicas, que esse pode sofrer, podendo ocorrer diversas perdas quando manejado de forma inadequada (RAMBO *et al.*, 2008).

Um dos fatores essenciais, que contribuiu para ganhos em produtividade, melhoria na síntese proteica da cultura do milho, nos últimos anos, foi o avanço no melhoramento genético da cultura. Consequentemente, plantas mais produtivas demandam mais N e assim, o manejo do nutriente, tende a ser mais complexo, dada a necessidade de aumento de doses e eficiência da aplicação (DUARTE *et al.*, 2005).

Atualmente se tem grande preocupação com a poluição do meio ambiente e o manejo inadequado de fertilizantes nitrogenados, pode ocasionar contaminação do lençol freático e da atmosfera. Com isso, preza-se pela busca por sistemas de manejo que aumentem a eficiência da adubação, com maior aproveitamento do N, visando maior produtividade, lucratividade e impacto ambiental (CABEZAS *et al.*, 1997; COSTA *et al.*, 2004).

Na Fronteira Oeste do RS, segundo Jornada (2019), se observou alteração no desempenho de plantas de milho cultivadas com e sem adubação nitrogenada. Os componentes mais afetados foram a produtividade e peso de grãos, sendo que as plantas que receberam fertilizantes nitrogenados tiveram os melhores resultados.

Dada a importância do N para a cultura do milho, é preciso encontrar alternativas para aumentar a eficiência no uso do nutriente no milho. Assim, pode-se obter maior aproveitamento do N com a sincronização entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente pela cultura (SILVA *et al.*, 2005).

Embora seja um elemento abundante, representando aproximadamente 78% dos gases da atmosfera, existem algumas dificuldades em encontrar essa forma de nutrição disponível para as plantas. A estabilidade do N₂ não permite que ocorram reações químicas em condições naturais que possibilitam a sua absorção direta pelos vegetais (FERNANDES *et al.*, 2018). Existindo três processos que podem ser utilizados para o fornecimento de N. O primeiro se dá pela fixação atmosférica, que se refere à carga comum durante a estação chuvosa, que combina N com o oxigênio (O₂) ou hidrogênio (H), formando compostos que podem ser então utilizados pelos vegetais. A segunda forma é por meio da utilização de microrganismos que tem a

capacidade de quebrar o N_2 atmosférico, permitindo a biofixação. O último processo utilizado para suprimento de nitrogênio para as plantas é a fixação industrial, ou seja, a produção de fertilizantes nitrogenados (PRADO, 2008).

O N é absorvido principalmente em formas inorgânicas, como nitrato (NO_3) ou amônio (NH_4), e ocorre naturalmente na forma de aminoácidos, peptídeos e complexos insolúveis. Para as espécies vegetais, o NO_3 é a forma mais absorvida por ser mais abundante na solução do solo devido à alta atividade da microbiota em solos tropicais (PRADO, 2008).

Uma grande quantidade de N no solo existe na forma orgânica, como parte da Matéria Orgânica do Solo (MOS), e sua correlação com a fertilidade do solo é bem documentada. A mineralização da MOS libera parte do N exigido pelas plantas. A disponibilização do N orgânico no solo acontece pela sua mineralização, definido como a conversão do N das formas orgânicas em NO_3 ou NH_4 inorgânico (NOVAIS *et al.*, 2007).

A imobilização é definida como a conversão de N inorgânico em N orgânico. Os microrganismos são responsáveis por incorporar o N inorgânico disponível no solo em suas células. À medida que morrem, o N assimilado pode ser remineralizado ou incorporado às suas células por outros microrganismos e seguir uma via de síntese de compostos nitrogenados mais complexos que gradativamente formam a MOS (NOVAIS *et al.*, 2007).

Frequentemente, o N presente no solo não consegue suprir as necessidades das lavouras para atingir altas produtividades. Para garantir o fornecimento suficiente de fertilizante nitrogenado para uma boa produtividade, é necessário realizar a adubação nitrogenada. Fertilizantes nitrogenados comerciais são amplamente utilizados em cultivos comerciais e podem usar diferentes fontes de nitrogênio, sendo a mais usual a ureia, que possui em torno de 40 a 45% de N (PRIMAVESI, 2021).

A escolha da fonte de nitrogênio a ser utilizada deve considerar aspectos econômicos, agronômicos e práticas de manejo. Além dos recursos minerais, os recursos orgânicos como esterco animal, geralmente de aves e suínos, também são opções para o uso como fertilizantes nitrogenados. No entanto, é preciso cuidado para não utilizar fertilizantes nitrogenados de forma incorreta, pois pode causar custos desnecessários e poluição das águas (SANTOS, 2020).

O principal sintoma de deficiência de N nas plantas aparece primeiro nas folhas mais velhas e, dependendo da intensidade da deficiência, podem se estender para as

folhas mais novas. Em plantas com deficiência de N, sintomas comuns são: redução do índice de área foliar, maior sensibilidade ao ataque de pragas e infestação de insetos e altura reduzida da planta (SANTOS, 2020).

A adubação com N é a que apresenta maior responsividade da cultura. Frazão *et al.* (2014), testando doses de N mineral variando de 0 a 260 kg de N por hectare observaram aumento linear na produtividade, porém, esse aumento foi observado apenas utilizando ureia comum. Os autores testaram o uso de ureias obtidas de fontes que apresentam reduzido potencial de perda por volatilização e encontraram um comportamento quadrático, com a mudança da fonte dos fertilizantes. Frente a esse resultado, fica evidente que maior eficiência da adubação com N pode ser alcançada pelo manejo que, nesse caso, foi representado pela utilização de uma fonte diferente.

Apesar de sua alta demanda, o excesso de nitrogênio pode também acarretar prejuízos à cultura. Esses danos podem se estender por todo o ciclo de produção, prejudicando não apenas a cultura associada, mas também as culturas subsequentes. O uso de altas doses de nitrogênio pode aumentar a intensidade de doenças fúngicas, especialmente aquelas causadas por fungos biotróficos (SANTOS *et al.*, 2020).

Há recomendações sobre diferentes métodos de manejo e doses no cultivo de milho para o N e, para interpretar esses resultados, vários fatores devem ser considerados. Fatores como: condições climáticas, material genético, sistema de cultivo, tipo de terreno, época de aplicação, modo de aplicação, época de semeadura, rotação de cultura, teor de matéria orgânica do solo e produtividade (MARTINS, 2013).

2.2 Métodos de aplicação de nitrogênio em milho

O manejo tradicional do N em milho contempla dois métodos básicos de aplicação: na semeadura e em cobertura. As recomendações da pesquisa colocam como importante, para o desenvolvimento inicial da cultura, aplicação de 15 a 20 kg de N/ha na base, durante a semeadura, variando esse valor com o tipo de solo (ROSA *et al.*, 2017). O restante, é aplicado em cobertura, em V3-V4, quando em aplicação única, ou V3-V4+V8-V9 (FRAZÃO *et al.*, 2014). Essa aplicação em cobertura é, na grande maioria, feita utilizando distribuidor centrífugo, com discos horizontais (ROSA *et al.*, 2017). Esse método de aplicação é amplamente utilizado em função do baixo custo de aquisição do equipamento, aliado à sua alta eficiência operacional, porém, o nitrogênio é distribuído em toda a área, sendo boa parte colocada distante das raízes.

Esse pode ser um agravante das perdas de nitrogênio para o ambiente, principalmente por volatilização.

Recentemente produtores de milho da região sul do Brasil tem utilizado a prática de incorporar toda a adubação nitrogenada antes da semeadura da cultura. A prática não é, ainda, largamente utilizada, muito em função da falta de investigações científicas a respeito, na região. Martins *et al.*, (2014), investigaram a influência de dois métodos de aplicação de N em milho: toda a adubação a lanço e toda adubação na linha de semeadura, o que, caracteriza, um tratamento que se assemelha a prática da incorporação de N na pré-semeadura. Os autores concluíram não haver diferença, o que, em tese, não justifica a prática de incorporar o N na pré-semeadura, dado o custo da operação.

É notório que o número de trabalhos enfocando métodos de aplicação de nitrogênio, em milho, é pequeno. Entretanto, a criação de novas metodologias ou mesmo equipamentos que disponibilizem N de modo a reduzir perdas e aumentar a eficiência, pode ser um caminho a reduzir a problemática do elemento. O mercado de tecnologia caminha, muitas vezes, em velocidade mais alta que algumas áreas da pesquisa científica.

Muitas vezes vemos tecnologias disponíveis no mercado e que não, necessariamente, tiveram sua viabilidade de uso testada. Por exemplo, além dos distribuidores com disco horizontal, para distribuição de fertilizantes, é possível encontrar outros equipamentos que podem ser utilizados com um fim similar. No entanto, na literatura, não encontramos relatos sobre sua influência em questões como o aumento de produtividade, melhoria no uso dos nutrientes ou mesmo o retorno do investimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e descrição da área

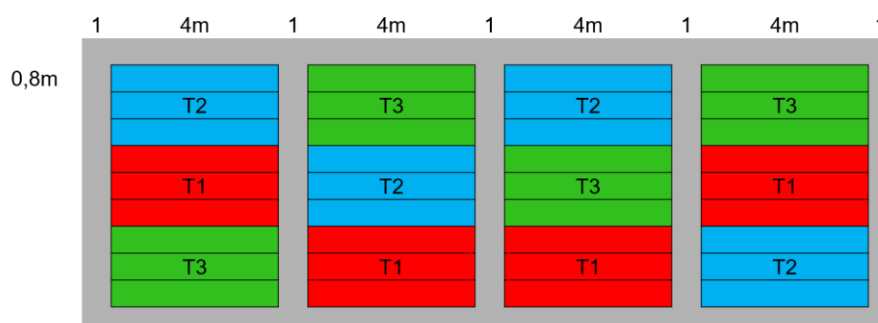
O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa Campus Alegrete, localizada nas coordenadas geográficas 29° 47'44,19"S, 55° 45' 47,71"O, com altitude de 100 metros, em topografia plana, no município de Alegrete, RS. O solo da área do experimento é classificado como Neossolo Litólico Eutrófico Fragmentário, pertencente a unidade de mapeamento Pedregal (STRECK *et al.*, 2018).

Alegrete está localizada na região fisiográfica da Fronteira Oeste do Estado Rio Grande do Sul tendo, segundo a classificação de Köppen, clima mesotérmico e úmido, definindo-se como do tipo fundamental Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (ALVARES *et al.*, 2013). Segundo dados de INMET (2023) dos últimos 15 anos, a temperatura média anual é de 18,3°C e a precipitação pluvial média anual 1.502,7 mm.

3.2 Design experimental

O estudo foi composto por um único fator, com três tratamentos (T), relacionados com o manejo da adubação nitrogenada, sendo eles: T1 - Tradicional; T2 - Incorporado; T3 - Precisão. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental possuía as seguintes dimensões: 4 metros de comprimento e 2,4 metros de largura, totalizando 9,6 m². O espaçamento entre fileiras foi de 80 centímetros, totalizando 3 linhas de cultivo em cada unidade experimental, considerando como área útil, em cada unidade, a linha central. A Figura 1 ilustra o croqui do experimento.

Figura 1. Disposição dos tratamentos (T), T1 - Tradicional, T2 - Incorporado e T3 - Precisão, no experimento.

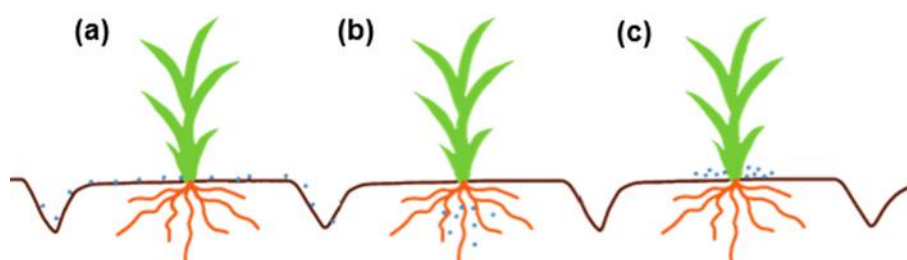


Fonte: Próprio autor.

A Figura 2 representa de forma ilustrativa os três tratamentos referentes ao modo de aplicação da adubação nitrogenada, sendo, especificamente, para o T1 - Tradicional: adubação nitrogenada aplicada de modo tradicional, com 17% do N aplicado via adubação de base e o restante em cobertura a lanço, distribuída em área total, de modo a simular aplicação com distribuidor centrífugo com disco horizontal (Figura 2 (a)); para o T2 - Incorporado: adubação nitrogenada incorporada ao solo, em pré-semeadura, com 17% do N aplicado via adubação de base (Figura 2 (b)); e para o T3 - Precisão: adubação nitrogenada de modo dirigido para próximo da linha de cultivo, com 17% do N aplicado via adubação de base e o restante em cobertura a lanço, de modo a simular a aplicação com distribuidor de precisão (Figura 2 (c)).

No T1 e no T3, o restante da adubação de N foi aplicado em cobertura nos estádios V3 e V8 da escala de Ritchie *et al.* (1993), sendo aplicado 60% em V3 e 40% em V8. A Figura 3 ilustra a incorporação do N, no T2, antes da semeadura do milho.

Figura 2. Método Tradicional a lanço (a), método Incorporado ao solo (b) e método de Precisão na linha de cultivo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 3. Incorporação de forma manual do fertilizante nitrogenado antes à sementeira.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com a análise de solo realizada previamente a instalação do experimento, era necessário a aplicação de $180 \text{ kg de N.ha}^{-1}$, $165 \text{ kg de P}_2\text{O}_5.\text{ha}^{-1}$ e $90 \text{ kg de K}_2\text{O.ha}^{-1}$, para produtividade de $9000 \text{ kg de milho.ha}^{-1}$. A fonte de adubação nitrogenada utilizada para a aplicação foi a ureia, que possui em sua formulação 44% de nitrogênio, e o fertilizante formulado, para adubação de base, foi a fórmula 04-25-12, que possui 4% de N, 25% de P_2O_5 e 12% de K_2O . Para suprir essa demanda, foi aplicado 750 kg da fórmula 04-25-12 (por hectare), à lanço em área total, logo após a sementeira do milho.

Do total de N aplicado, 17% aplicaram-se por meio da formulação 04-25-12 e o restante na forma de ureia, de acordo com cada tratamento. Tanto o pH do solo como a saturação por bases (V%), pelo laudo de análise, apresentaram valores dentro da faixa ideal (6,0 para o pH e 70% para V%), não necessitando da aplicação de corretivos. A recomendação de adubação seguiu o preconizado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2016).

3.3 Implantação, manejo e reposição hídrica para o milho

Para a implantação do experimento fez-se necessário o preparo do solo, ao qual utilizou-se um arado para fazer a aração. Após aração, ocorreu uma gradagem

com uma grade niveladora para homogeneidade da superfície do solo, como mostrado na Figura 4.

Figura 4. Preparo do solo com grade niveladora.



Fonte: Próprio autor.

Conforme a profundidade do perfil do solo e o regime errático de chuvas durante, principalmente, o verão em Alegrete, fez-se necessário a instalação de um sistema de irrigação, para reposição hídrica em momentos sensíveis do desenvolvimento da cultura. Deste modo, conduziu-se o experimento sob sistema sulco-camalhão (CAMPOS *et al.*, 2021). A implantação do sistema se deu sem suavização do terreno, conforme proposta por Campos *et al.*, (2021), sendo mantido o declive de 1,1%, que é o natural do terreno, para a condução da água.

Dada a necessidade da confecção de sulco-camalhão e a indisponibilidade de implementos apropriados para a realização destes, fez-se necessário a adaptação de uma chapa de metal com formato de aivecas duplas em um escarificador, conforme na Figura 5. A construção dos sulco-camalhões se deu maneira ao qual se necessitou de ajuste destes com o auxílio de uma enxada, de modo que a largura de cada sulco foi de 15 centímetros e a largura da crista de 65 centímetros.

Figura 5. Componente do equipamento adaptado para a confecção dos sulcos-camalhões.



Fonte: Próprio autor.

Seguindo a metodologia utilizada por Cassol *et al.* (2020), foram usados politubos para a realização da reposição de água, como mostrado na Figura 6. O manejo da irrigação baseado em turno de rega variável, conforme a evapotranspiração da cultura, sendo as lâminas compostas pela reposição da Evapotranspiração, conforme metodologia proposta por Allen *et al.* (1998).

Figura 6. Suprimento da água por politubos no sulco-camalhão.



Fonte: Próprio autor.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada por meio do método de Penman-Monteith, seguindo metodologia proposta por Allen *et al.* (1998), utilizando-a, juntamente do coeficiente de cultura (K_c), para estimativa da evapotranspiração de cultura (ET_c). O K_c utilizado é variável ao longo do ciclo da cultura e seus valores foram determinados com base na metodologia de Dorenbos & Kassam (1979). Os elementos meteorológicos, necessários para o cálculo de ET_o , foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), utilizando coleta de dados da estação meteorológica mais próxima, localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha campus Alegrete, a uma distância aproximada de 25 km da área experimental. Com os dados obtidos, foi calculado o balanço hídrico de cultivo, com e sem reposição hídrica via irrigação, para o cultivo do milho.

Para a irrigação, levou-se em consideração o que Mantovani *et al.*, (2009) relataram: comparado aos demais sistemas de irrigação, o sistema por sulco apresenta uma vantagem em termos de custo de implantação devido à condução da água em canais abertos, em terrenos com declividade de até 2%. No entanto, esse sistema exibe uma eficiência relativamente baixa, podendo chegar a ter uma eficiência de até 60%.

Durante o período do experimento, esforços foram feitos para garantir uma reposição hídrica adequada, visando obter uma maior produtividade. Contudo, a reposição hídrica se deu de modo não equidistante ao longo do tempo, sendo

realizada conforme a Tabela 1, a qual se refere à quantidade em milímetros (mm) de água aplicados e estimativa de eficiência teórica de 60%, conforme os dias.

Tabela 1. Quantidade de água aplicada em milímetros e eficiência teórica de 60%.

Data	mm (100%)	mm (60%)
20/12/2022	37	22
23/12/2022	19	11
26/12/2022	46	28
29/12/2022	28	17
31/12/2022	28	17
01/01/2023	48	29
05/01/2023	37	22
06/01/2023	28	17
09/01/2023	46	28
15/01/2023	31	19
16/01/2023	15	9
19/01/2023	31	19
25/01/2023	28	17
04/02/2023	37	22
08/02/2023	28	17
09/02/2023	19	11
14/02/2023	46	28
20/02/2023	46	28
27/02/2023	19	11
10/03/2023	31	19
Total	647	388

Fonte: Próprio autor.

Para a implantação do experimento, procedeu a semeadura manual do híbrido NK 467 VIP3, com ciclo de 75 dias, na densidade de 67 mil sementes por hectare. O manejo e tratamentos culturais referentes ao manejo de plantas daninhas, insetos-praga e doenças foi realizado de modo a garantir proteção e nível de dano a não comprometer os resultados experimentais, sempre respeitando o preconizado pela pesquisa.

3.4 Variáveis resposta analisadas

3.4.1 População de plantas

A medição da população de plantas ocorreu por meio da contagem direta do número de plantas emergidas nos 4 metros lineares que compõem a área útil de cada unidade experimental. Com o período da contagem realizada a cada 7 dias, iniciando após a semeadura, até os 28 dias, onde ocorreu a quarta e última contagem devido a estabilização do estande de plantas, como mostrado na figura 7.

Figura 7. População de plantas de milho estabelecida.



Fonte: Próprio autor.

4.4.2 Índice de área foliar

Para medição do índice de área foliar (IAF), foram marcadas em sequência, na área útil de cada unidade experimental, 5 plantas de milho. E a cada 7 dias até o estágio VT (pendoamento), como mostra a Figura 8, foi realizada a medição do comprimento e da largura de cada folha com colar visível, seguindo a metodologia de Silva *et al.*, (2020). A medição do IAF se deu aos 14, 21, 28, 35, 42 e 45 dias após a semeadura.

Figura 8. Pendoamento do milho (VT).



Fonte: Próprio autor.

Conforme proposto por Fancelli & Dourado Neto (2000), o IAF foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$\text{IAF} = (\text{Np} * \text{Cf} * \text{Lf} * 0,7) / (10000\text{m}^2) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

IAF = índice de área foliar;

Np = número de plantas por m²;

Cf = comprimento da folha;

Lf = largura da folha; e

0,7 = constante de ajuste para a área da folha do milho.

3.4.3 Produtividade e seus componentes

No estágio R6 da escala de Ritchie *et al.* (1993), quando os grãos de milho chegaram à umidade relativa intergranular (Ur%) abaixo de 25%, e devido à alta precipitação no período, se realizou a determinação de: altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, número de espigas por planta, número de

grãos por espiga, peso de grãos e produtividade de grãos. Para todos os itens analisado se utilizou a área útil de cada unidade experimental.

Os dados de colheita dos grãos incluíram o peso com a umidade presente no momento, entretanto os grãos não ofereciam a umidade ideal para a colheita. No caso do milho, é necessário que os grãos tenham, no máximo, 13% de umidade para o armazenamento, após a colheita. Devido aos grãos apresentarem valores de umidade superiores a 13% no momento da colheita, foi necessária a correção da umidade de grãos para 13%, por meio da Equação 2 (NUNES & BACKES, 2021).

$$P(13\%) = P(Ur\%) * [(100 - Ur\%)/(100 - 13\%)] \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

$P(13\%)$ = peso corrigido para 13% de umidade;

$P(Ur\%)$ = peso com umidade relativa intergranular atual;

$Ur\%$ = umidade relativa intergranular atual.

O número final de plantas se obteve pela contagem direta, a altura de plantas foi medida no nó do pedúnculo da panícula (pendão) do milho, em 10 plantas, altura de inserção da espiga foi medida na inserção do pedúnculo da espiga das mesmas 10 plantas, em sequência, plantas que possuíam mais de uma espiga, a medição se realizou na altura de inserção da espiga inferior.

Foi medido o diâmetro do colmo logo acima do nó que contém raízes adventícias, utilizando um paquímetro, em 10 plantas, em sequência. A contagem do número de espigas por planta foi realizada pela contagem direta do número total de espigas e o seu valor dividido pelo número de plantas.

Realizou-se das mesmas 10 plantas em sequência, a determinação do número de grãos por espiga, utilizadas nas medições da altura (total e de inserção da espiga). Para tanto, se determinou o número de grãos por fileira e o número de fileiras por espiga. Após a determinação do número de grãos por espiga, ocorreu a debulha das espigas. Os grãos debulhados foram pesados e seu conteúdo relativo de umidade determinados. Com isso, a produtividade de grãos foi determinada, com sua umidade relativa sendo corrigida para 13% de umidade, utilizando a metodologia de Nunes & Backes (2021). O peso de mil grãos se deu pela contagem direta de 300 grãos, ao

qual a massa destes foram convertidos para o valor de 1000 grãos com a umidade corrigida para 13%.

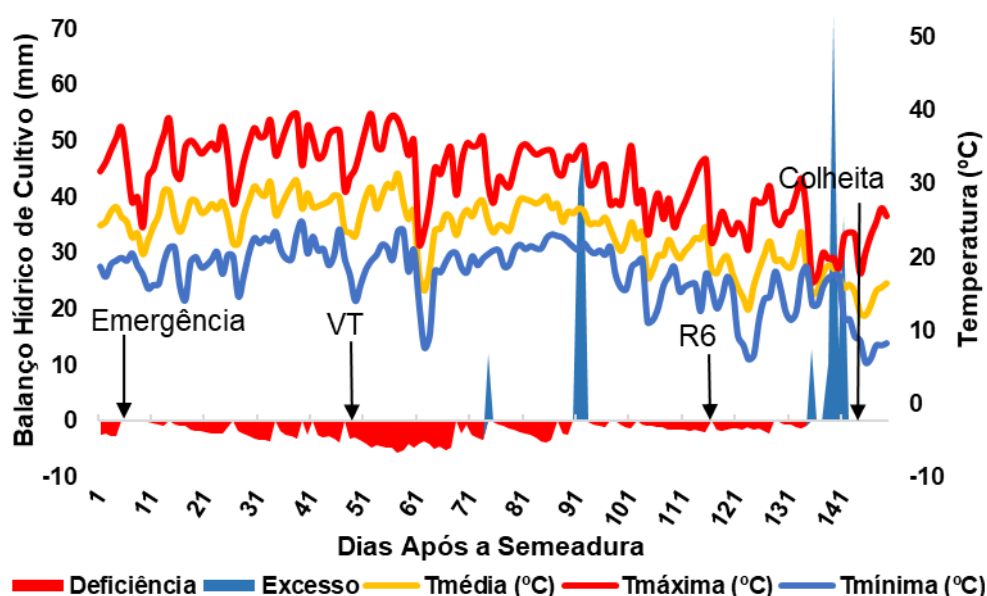
4.5 Análises estatísticas

Os pressupostos do modelo matemático para o delineamento de blocos ao acaso foram testados utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Statistics ®. A análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias foi realizada utilizando o programa para análises estatísticas Sisvar® (FERREIRA, 2011). Quando a ANOVA demonstrou haver efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott, com o nível de probabilidade de erro de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode se dizer que o total de chuvas durante a condução do experimento foi suficiente, pois a evapotranspiração total da cultura foi de 510,92 mm, enquanto o total de chuvas foi de 543 mm. No entanto, a distribuição desse montante se deu de modo mal distribuída, principalmente fora dos momentos de maior demanda da cultura. Deste modo, uma cultura como a do milho passaria a quase totalidade do seu ciclo sob situação de déficit hídrico, a exemplo do que representa a Figura 9. Ainda, o regime térmico, durante a condição do experimento, apresentou-se com temperaturas máximas próximas de 40°C, em fases sensíveis a estresses por temperatura, como é o estágio VT (RITCHIE et al., 1993). Dessa forma, a condição meteorológica condicionou um baixo potencial produtivo, principalmente em sistemas não planejados para que a ETc fosse reposta, principalmente em estádios chave, como germinação/emergência e florescimento/enchimento de grãos.

Figura 9. Balanço hídrico de cultivo, para o milho, em situação de ausência de reposição hídrica, e temperatura média, máxima e mínima durante o ciclo da cultura.



As setas indicam o momento de emergência, estágio VT, estágio R6 e colheita. Alegrete, RS.

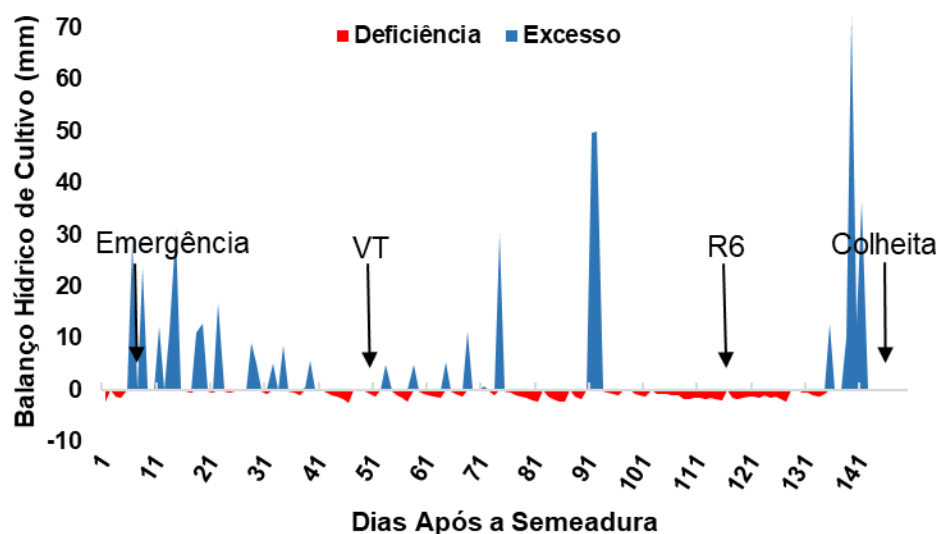
Fonte: próprio autor.

A lacuna de maior necessidade hídrica da cultura do milho foi verificada, principalmente na formação e enchimento de grãos, entre os estádios VT e R6, da escala proposta por Ritchie *et al.* (1993). Também Magalhães & Durães (2006),

apresentaram que os estádios de VT a R1, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries do ambiente que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expostas.

O balanço hídrico estimado de cultivo para a condição em que o experimento foi conduzido está representado na Figura 10. Fazendo uma avaliação da Figura 9 em relação a Figura 10, é possível inferir que a reposição hídrica reduziu o déficit hídrico do milho em boa parte. Contudo, o baixo volume de chuvas, altas temperaturas e indisponibilidade de irrigação em determinados dias, ocasionou déficit hídrico exatamente no período de maior importância para o enchimento de grãos no cultivo do milho, que atuou como um fator redutor da produtividade de grãos do experimento como um todo.

Figura 10. Balanço hídrico de cultivo, para o milho, em situação com reposição hídrica durante a condução do experimento.



As setas indicam o momento de emergência, estágio VT, estágio R6 e colheita. Alegrete, RS.

Fonte: próprio autor.

Todos os dados atenderam aos pressupostos do modelo matemático quanto a homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. A Tabela 2 apresenta o resumo do quadro de análise de variância, onde apenas uma variável apresentou efeito significativo. Então referente aos métodos de aplicação da adubação nitrogenada, o número de grãos por espigas é a única variável com significância para o teste F a 5% de probabilidade de erro. As demais variáveis como IAF, altura de

planta, inserção da espiga, diâmetro do colmo, relação espiga planta, número de espigas e massa de mil grãos não foram influenciadas pelos tratamentos considerados no presente trabalho.

Tabela 2. Resumo do quadro de análise da variância para as variáveis referentes aos componentes do rendimento do milho, produzidos sob diferentes métodos de adubação nitrogenada, na safra agrícola 2023.

Fonte de Variação	População		IAF 14		IAF 21		IAF 28	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Tratamentos	1,46 ^{ns}	0,304	4,74 ^{ns}	0,058	3,29 ^{ns}	0,108	4,26 ^{ns}	0,070
Bloco	0,16 ^{ns}	0,916	0,40 ^{ns}	0,759	0,05 ^{ns}	0,981	0,34 ^{ns}	0,794
Média Geral	63541,67		0,10		0,11		0,82	
CV (%)	6,89		25,15		0,98		23,01	
Fonte de Variação	IAF 35		IAF 42		IAF 49		AP (m)	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Tratamentos	1,04 ^{ns}	0,408	1,82 ^{ns}	0,241	2,90 ^{ns}	0,131	1,60 ^{ns}	0,278
Bloco	0,25 ^{ns}	0,861	0,69 ^{ns}	0,592	0,74 ^{ns}	0,563	0,89 ^{ns}	0,496
Média Geral	1,66		0,24		3,88		1,838	
CV (%)	26,47		0,59		12,43		1,006	
Fonte de Variação	AIE (m)		DC (m)		E/ha		Relação E/P	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Tratamentos	0,28 ^{ns}	0,763	0,56 ^{ns}	0,596	5,09 ^{ns}	0,050	2,29 ^{ns}	0,182
Bloco	1,12 ^{ns}	0,413	1,09 ^{ns}	0,422	0,74 ^{ns}	0,563	0,31 ^{ns}	0,820
Média Geral	1,24		2,27		62500,00		0,99	
CV (%)	20,48		16,52		9,46		13,63	
Fonte de Variação	MMG		G/E		PG			
	F	P	F	P	F	P		
Tratamentos	4,56 ^{ns}	0,062	11,59 ^{**}	0,008	2,33 ^{ns}	0,178		
Bloco	2,36 ^{ns}	0,171	2,15 ^{ns}	0,194	2,31 ^{ns}	0,176		
Média Geral	0,27		404,18		7171,49			
CV (%)	5,37		12,63		14,16			

**e ^{ns}, significativo a 5% de probabilidade de erro e não significativo. CV = Coeficiente de Variação.

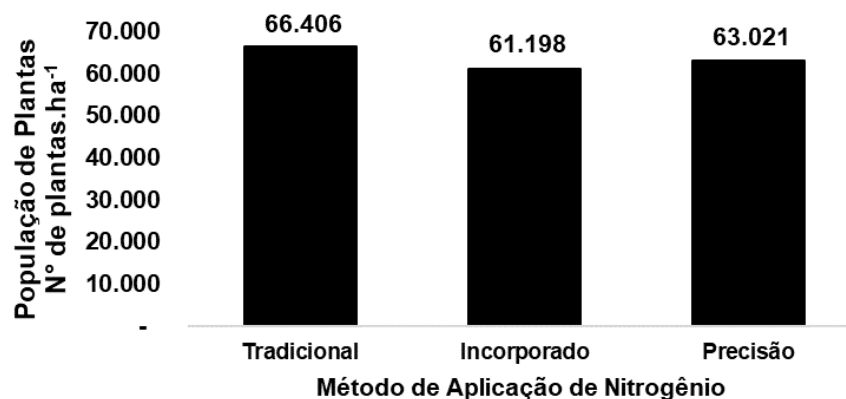
População - População de plantas.hectare⁻¹; **IAF**- Índice de Área Foliar aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 dias após a semeadura; **AP** - Altura de Planta (m); **AIE**- Altura de Inserção da Espiga (m); **DC** - Diâmetro do Colmo (cm); **E/P** - Número de Espigas.hectare⁻¹ (Un); **E/P** - Relação Espiga.planta⁻¹; **MMG** - Massa de Mil Grãos (g); G/E - Número de Grãos.espiga⁻¹ (Un); **PG** - Produtividade de Grãos (kg.ha⁻¹).

Fonte: próprio autor.

A semeadura foi realizada com uma taxa de 67 mil sementes.ha⁻¹ e, conforme o potencial germinativo e vigor das sementes usadas, se obteve para cada tratamento o número da população de plantas por hectare, conforme os valores apresentados na Figura 11, onde apresenta os dados de população de plantas em relação aos métodos

de aplicação da adubação nitrogenada, que para o teste de variância não possuiu diferença estatística.

Figura 11. População de plantas de milho em função do método de aplicação de N.

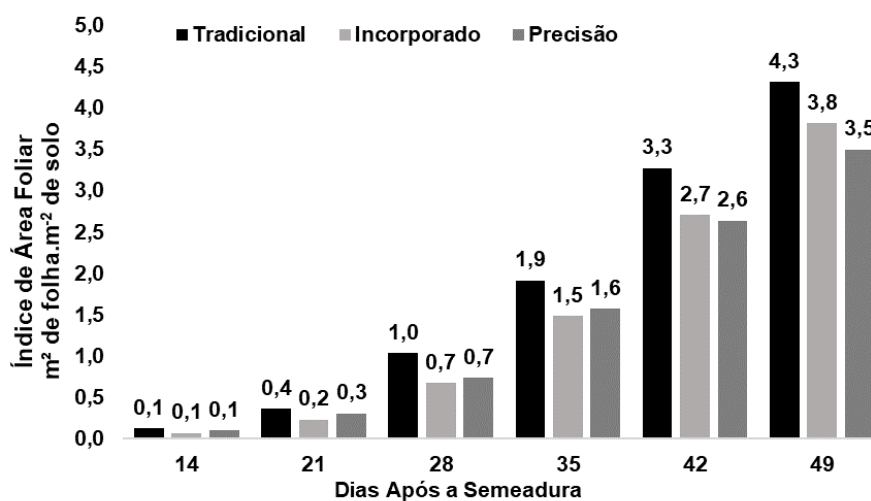


Fonte: próprio autor.

Outro parâmetro avaliado foi o IAF da cultura, que segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), é o quanto de área de folha se tem em relação a quantidade de área cultivada. Os mesmos autores dissertaram sobre a importância do IAF para obtenção de altas produtividades e sua variação de acordo com aspectos como híbrido utilizado, época de semeadura e práticas de manejo empregadas. Contudo, o IAF ótimo do milho é 8,0 no estágio VT. Nesse estudo, o IAF máximo da cultura do milho se deu aos 49 dias após a semeadura, sendo inferior ao valor apresentado pelos autores.

O baixo valor de IAF alcançado nesse estudo possivelmente reflete as condições meteorológicas ao longo do experimento, representadas na Figura 10. Ainda, o IAF também não foi afetado pelos tratamentos, de modo que as médias da variável não diferiram entre os tratamentos. Os valores de IAF apresentados na Figura 12, mostram uma tendência de valores mais altos no tratamento Tradicional de aplicação de N, em relação aos demais.

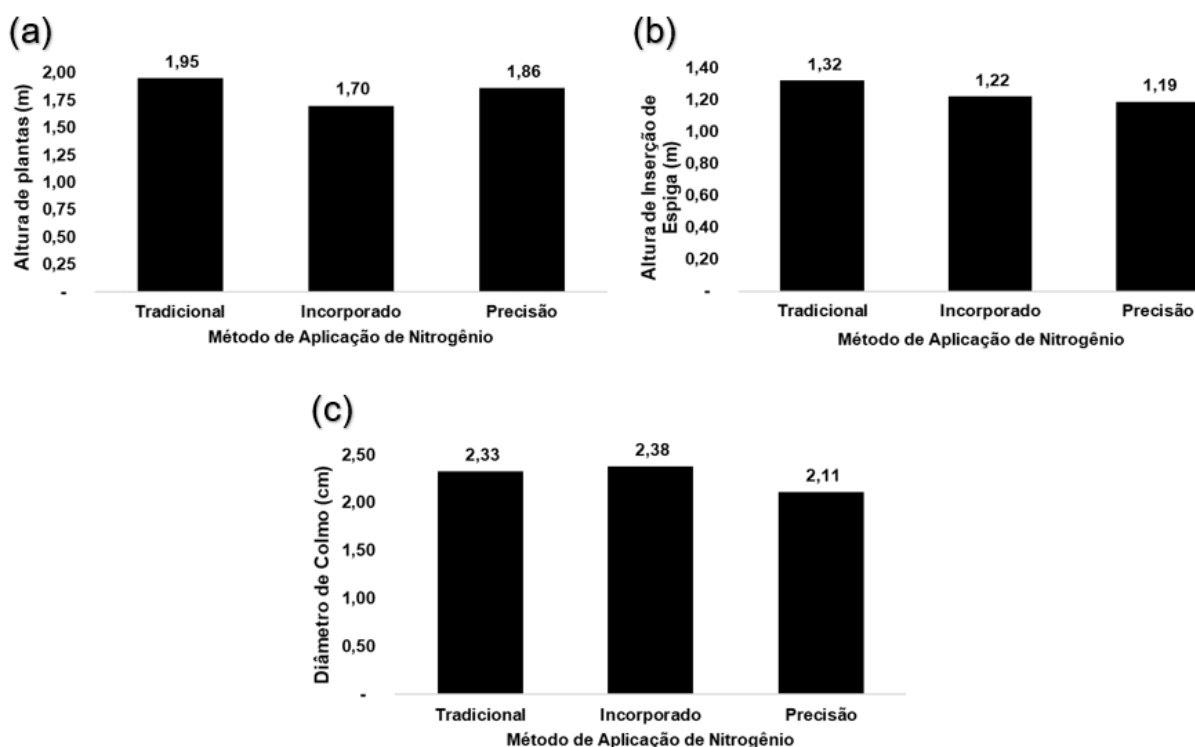
Figura 12. População de plantas de milho em função do método de aplicação de N.



Fonte: próprio autor.

Na Figura 13 apresenta-se os dados de Altura de plantas (a), Altura de inserção da espiga (b) e Diâmetro de colmo (c). A Figura 13 (a) apresenta as médias de altura de plantas para os diferentes tratamentos. Para os dados do presente trabalho, a diferença entre altura de plantas não apresenta ligações expressivas, de acordo a aplicação diferenciada de N, entre os tratamentos, conforme a análise de variância (Tabela 2). Como Sangoi *et al.* (2002) destacaram, que após a pesquisa sobre híbridos modernos, demonstrou-se que os genótipos atuais exibem uma arquitetura de planta compacta, muitas vezes menores em altura, o que resulta em maior estabilidade quando expostos a níveis mais elevados de nitrogênio. Essa melhoria reflete em maiores produtividades para a cultura do milho.

Figura 13. Altura de planta (a), altura de inserção da espiga (b) e diâmetro do colmo (c) de milho em função do método de aplicação de N.



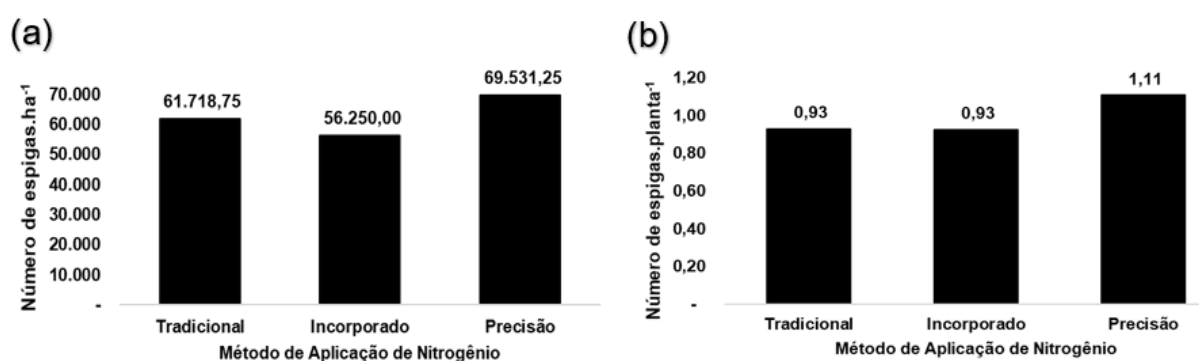
Fonte: Próprio autor.

A altura de inserção da espiga é de extrema importância para a cultura do milho, pois uma menor distância entre o nível do solo e a espiga contribui para o equilíbrio das plantas e reduz o risco de tombamento. Esse aspecto é fortemente influenciado pela adubação nitrogenada, que pode afetar o desenvolvimento e a estrutura da planta, resultando em variações na altura de inserção da espiga (SANTOS *et al.*, 2010). Entretanto, conforme valores apresentados na Figura 13(b), os tratamentos não influenciaram a altura de inserção da espiga.

Os valores para diâmetro de colmo estão apresentados na Figura 13 (c). Segundo Lana *et al.*, (2009), há a tendência de que o aumento no diâmetro do colmo do milho esteja relacionado com o aumento de produtividade do milho. Esse aspecto assume relevada importância para alcançar altos níveis de produtividade, uma vez que um maior diâmetro do colmo aumenta a capacidade da planta de armazenar fotoassimilados, os quais contribuirão para o enchimento dos grãos. No entanto, os dados relacionados a diâmetro de colmo não apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos, assim não apresentando influência com a forma de distribuição de N.

Silva *et al.*, (2014) reconhece que a adubação nitrogenada desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das espigas, proporcionando respostas significativas na produtividade da cultura do milho. O número de espigas por hectare está apresentado na Figura 14 (a), juntamente da relação espiga por planta, que representa o número de espiga por planta, Figura 14 (b). Observa-se que as médias, para ambas as variáveis, apresentam tendência de aumento no tratamento Precisão, porém novamente, sem apresentar diferença estatisticamente significativa.

Figura 14. Número de espigas.ha⁻¹ (a) e relação espiga.planta⁻¹ (b) de milho em função do método de aplicação de N.



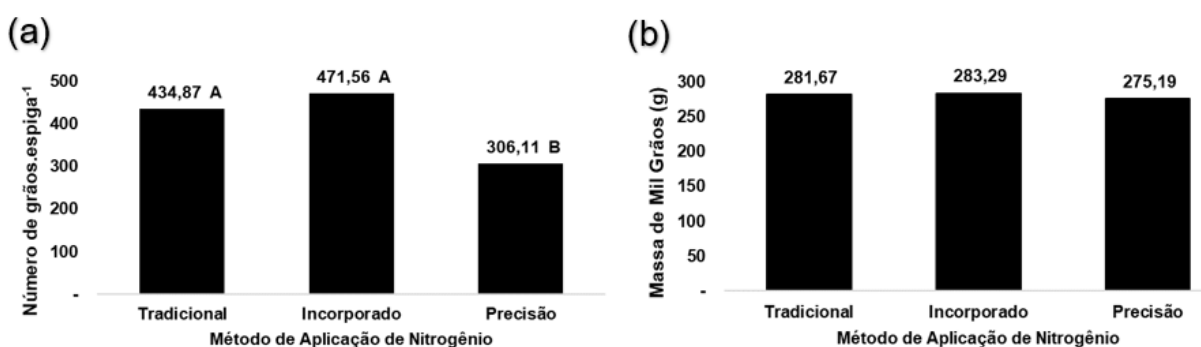
Fonte: próprio autor.

Conforme Silva *et al.*, (2014), a adubação nitrogenada é a prática agronômica considerada como uma das principais estratégias para garantir um suprimento adequado de recursos necessários para a construção de sua produtividade. Ao fornecer uma quantidade adequada de fertilizante nitrogenado, é possível promover um crescimento saudável das espigas, resultando em um aumento significativo na produção de grãos. Portanto, a adubação nitrogenada é essencial para maximizar o rendimento da produção de grãos de milho. Assim tendo ligação direta com o número de grãos e a massa de grãos.

A Figura 15 (a) representa os valores de grãos por espigas, sendo este o único fator que apresentou significância na análise de variância. Por meio do teste de comparação de média empregado, se observa que o maior número de grãos por espigas se deu nos tratamentos Tradicional e Incorporado, sendo que ambos não diferem entre si e são superiores ao tratamento Precisão. Ao analisar o número de espigas por hectare, uma das variáveis que não obteve significância para os testes estatísticos, nota-se que no tratamento de Precisão possui maior quantidade direta de

espigas, podendo ser relacionada ao menor número de grãos por espiga. Souza *et al.* (2011) observaram aumento do número de grãos por espiga com a aplicação de até 142 kg por hectare de N, o que evidencia a resposta positiva do número de grãos por espiga ao aproveitamento das doses de N. Assim validando que há, em parte, a melhor assimilação da adubação nitrogenada dos tratamentos Tradicional e Incorporado. A Figura 15 (b) expressa a massa de mil grãos dos três tratamentos, outra variável importante para a construção da produtividade de grãos, mas que também não foi afetada pelos tratamentos.

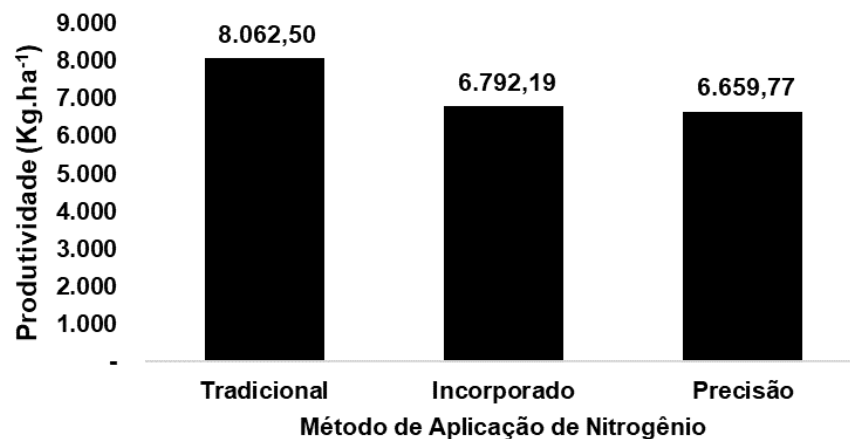
Figura 15. Número de grãos por espiga (a) e Massa de mil grãos (b) de milho em função do método de aplicação de N.



Fonte: próprio autor.

A Figura 16 apresenta a produtividade de grãos de milho em função dos tratamentos. Embora essa variável também não tenha sido influenciada estatisticamente pelos tratamentos, a produtividade apresentou maiores médias para o tratamento Tradicional. Essa média mais alta, converge para o mesmo sentido, de que o método de aplicação de adubação nitrogenada tradicionalmente utilizado, com aproximadamente 80% do N sendo aplicado a lanço. É o método mais eficiente e que deve continuar sendo empregado. É importante lembrar que a incorporação do N, demanda uma operação a mais dentro da propriedade, podendo aumentar os custos. O modo de aplicação de Precisão, representa a necessidade de que o produtor adquira um novo equipamento, específico para isso, e, possivelmente, de alto investimento, o que também onera o custo de produção, diminuindo a sua rentabilidade.

Figura 16. Produtividade de grãos de milho em função do método de aplicação de N.



Fonte: próprio autor.

Pereira *et al.* (1999) afirmam que entre os principais fatores determinantes da resposta das culturas à adubação nitrogenada estão as condições climáticas e a capacidade do solo em fornecer nitrogênio. As condições climáticas, como temperatura e umidade, desempenham um papel crucial na disponibilidade e na eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas. Além disso, a capacidade do solo em reter e liberar o nutriente também influencia diretamente a resposta da cultura à adubação nitrogenada. Um solo com boa capacidade de fornecimento de nitrogênio pode aumentar a eficácia da adubação e otimizar os resultados.

Neste experimento de campo, é importante considerar que o nitrogênio não aproveitado da fonte de adubação fornecida, inclui diversos fatores. Esses fatores incluem as perdas de nitrogênio do solo por processos como lixiviação, volatilização de amônia e desnitrificação (CABEZAS *et al.*, 2000).

Dada as peculiaridades deste ano vale ressaltar que, durante o período de experimento ocorreu baixa precipitação, além de temperaturas elevadas e umidade relativa do ar extremamente baixa (INMET, 2023), assim influenciando diretamente na produtividade de milho como também nas perdas de N para o ambiente. Além disso, o fator solo, que fez com que a demanda por N fosse próxima de 200 kg.ha⁻¹, também dificultou o alcance de produtividades mais elevadas, podendo ser esse um fator que levou a uma ausência de significância dos tratamentos. Com isso, para este ano pôde-se observar, que os diferentes métodos de aplicação da adubação nitrogenada não resultaram em diferenças expressivas em termos de produtividade.

6 CONCLUSÃO

No presente estudo, não foram identificadas diferenças significativas entre os métodos de aplicação de N. Isso indica que não é necessário realizar uma operação adicional para a incorporação desse nutriente, nem adquirir um novo implemento ou equipamento para a aplicação de adubos nitrogenados. Isso por quê, o método Tradicional de aplicação a lanço, distribuído uniformemente em toda a superfície, mostrou-se eficiente em relação aos demais.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma. **FAO**. p. 300. 1998.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L. de M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.113, p.407-427. 2013.

CABEZAS, W. A. R. L.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG. v. 21, p. 481-487. 1997

CABEZAS, L. W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro, MG. **R. Bras. Ci. Solo**. p. 363-376. 2000.

CAMPOS, A. S.; CENTENO, A.; ANDRES, A.; PARFITT, J. M. B.; MÉLLO- ARAUJO, L. B.; BUENO, M. V.; PINTO, M. A. B.; MARTINS, M. B.; VEBER, P. M.; SCIVITTARO, W. B. Utilização da Tecnologia Sulco-camalhão na Produção de Soja e Milho em Terras Baixas do Rio Grande do Sul. Documentos / **Embrapa Clima Temperado**. Impresso, v. 1, p. 01-32. 2021.

CASSOL, G. V.; MARCHESAN, E.; MASSEY, J. H.; ROBAINA, A. D.; TRIVISOL, V. S.; WERLE, I.; GOLLO, E. A.; GIACOMELI, R.; SCHMATZ, R. Raised seedbeds and irrigation increase the yield of soybean rotated with rice in lowland of Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, p.e01398. 2020.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Índices Exportação do agronegócio 2022. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Export_jan-set_2022.pdf> Acesso em 09/07/2023.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho, Circular Técnica N° 78. Sete Lagoas, MG: **Embrapa Milho e Sorgo**. 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Dados Internacionais de Catagolação. Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 2 segundo levantamento, novembro. 2022.

COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J.C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com ureia. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR. v. 26, n. 4, p. 467-473. 2004.

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. 376. 2016.

DORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome, **FAO**, 1979, 193 p. (Irrigation and Drainage Paper 33).

DUARTE, A. P.; MASON, S. C.; JACKSON, D. S.; KIEHL, J. C. Grain quality of Brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. **Crop Science**, v. 45, p. 1958-1964. 2005.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TREVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Viabilidade econômica de doses e parcelamentos da adubação nitrogenada na cultura do milho em Latossolo Vermelho Eutrófico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.175-181. 2009.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Agropecuária**. 1 ed. Guaíba, MT. p. 360. 2000.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. Nutrição mineral de plantas. **Sociedade brasileira de solos**. 2 ed. p. 670. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statical analysis system. **Ciência Agrotecnologia, Lavras**, v. 35, p. 1039-1042. 2011.

FILHO, I. A. P. Cultivares de milho para safra 2022/2023. Documentos / **Embrapa Milho e Sorgo**, ISSN 1518-4277; 272. Sete Lagoas, MG. 2022.

FRAZÃO, J.J.; SILVA, A.R. da; SILVA, V.L. da; OLIVEIRA, V.A.; CORRÊA, R.S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1262-1267. 2014.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 05/07/2023.

JORNADA, L. C. Avaliação e seleção de genótipos de milho com e sem nitrogênio na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Universidade Federal do Pampa**. 2019

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, PR, v.31, n. 3, p. 430-445. 2009.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F. O. Fisiologia da Produção de Milho. **Circular Técnica N° 20**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. 2006.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. **Circular Técnica N° 20**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. 1995.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: Princípios e Métodos. **UFV**. 3. ed. Viçosa, MG. p. 355. 2009.

MARTINS, I. S. Doses, épocas e modos de aplicação da uréia comum e revestida na cultura do milho. **Universidade Estadual Paulista**, SP. 2013.

MARTINS, A. S.; CAZETTA, J. O.; FAKUDA, A. J. F. Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, p. 271-279. 2014.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H., BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; LIMA, J. C. Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1017. 2007.

NUNES, U. R.; BACKES, R. L. B. Determinação do grau de umidade e peso de mil sementes. **Universidade Federal de Santa Maria**, Departamento de Fitotecnia, Curso de Agronomia, Produção e Tecnologia de Sementes. Santa Maria, RS. 2021.

PEREIRA, S.L.; ARAÚJO, G.A.A.; SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R. Efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a cultura do milho. **Ci. Agrotecnol.** p. 790- 799. 1999.

PRADO, R. M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. **Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão-FUNEP**, Jaboticabal, SP. p. 500. 2008.

PRIMAVESI, A. M. O Problema do nitrogênio no solo. **Biblioteca de Obras Raras Fausto Castilho** – Unicamp, 2021. Disponível em:
<<https://anamariaprimavesi.com.br/2019/06/19/o-problema-no-nitrogenio-do-solo/>>
Acessado em: 08/07/2023

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 401-409. 2008.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. BENSON, G. O. How a corn plant develops Ames: Iowa **State University of Science and Technology** (Special Report, 48). p. 26. 1993.

ROSA, A. P. S. A.; EMYGDIO, B. M.; BISPO, N. B. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2017/2018 e 2018/2019. 1. ed. **Embrapa**, p. 124. 2017.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**. Campinas, SP, v. 61, n. 2, p. 101-110. 2002.

SANTOS, A. T.; VELHO, A. E.; FREITAS, T.S. Impactos do uso de nitrogênio nas plantas e suas fontes. **ILSA**, 2020. Disponível em:
<<https://ilsabrasil.com.br/impactos-do-uso-de-nitrogenio-nas-plantas-e-suas-fontes/>>

Acessado em: 09/07/2023

SANTOS, M. S. Nitrogênio: importância, manejo e sintomas de deficiência. **Mais Soja**, 2020. Disponível em:

<<https://maissoja.com.br/nitrogenio-importancia-manejo-e-sintomas-de-deficiencia/#:~:text=O%20Nitrog%C3%AAnio%20%C3%A9%20facilmente%20redistribu%C3%ADdo,de%20maior%20resposta%20das%20culturas>>

Acessado em: 09/07/2023

SANTOS, P.A.; SILVA, A. F.; M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Alta Floresta, MT. v.9, n.2, p. 123-134. 2010.

SILVA E.D.; BUZETTI S.; LAZARINI E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, São Paulo. v4, n. 3, p. 286-297. 2005.

SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; DIÓGENES, T. B. A.; NOVO JÚNIOR, J.; SOUSA FILHO, A. L. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho verde em Mossoró-RN. **Magistra**, Cruz das Almas - BA, v. 26, n.4, p. 467- 481. 2014.

SILVA, R. S.; CAMPO, H. D.; RIBEIRO, L. M.; BRAZ, G. B. P.; MAGALHÃES, W. B.; BUENO, J. N. Danos na cultura do milho em função da redução de área foliar por desfolha artificial e por doenças. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 4, p. 313-319. 2020.

SILVEIRA, D.C.; BONETTI, L.P.; TRAGNAGO, J.L.; NETO, N.; MONTEIRO, V. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Sul. v.1, n.1, p. 01-11. 2015.

SOUZA, J. A., BUZETTI, S., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., ANDREOTTI, M., SÁ, M. A. D., ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP. v. 70, p. 447-454. 2011.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. **Revista e Ampliada**. 3º. ed. Porto Alegre, RS: Emater/RS. v. 2000. 252 p. 2018.

TEICHMANN, J.B.G. Especialização da Agricultura na Região Corede Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul: Uma análise geográfica da produção de arroz, soja, milho e trigo. **Universidade Federal de Santa Maria**. Santa Maria, RS. 2012.