

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL COMUNELLO ANTONELLO

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM RESPOSTA AO USO DE
FONTES DE NITROGÊNIO**

PATO BRANCO

2022

GABRIEL COMUNELLO ANTONELLO

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM RESPOSTA AO USO DE
FONTES DE NITROGÊNIO**

Corn crop performance in response to the use of Nitrogen sources

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL COMUNELLO ANTONELLO

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM RESPOSTA AO USO DE
FONTES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 28/novembro/2022

Luís César Cassol
Doutorado em Ciências do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Pato Branco

Jonatas Thiago Piva
Doutorado na área de solos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Francisco Beltrão

Cassiano Conte
Engenheiro Agrônomo
Rio Elias Insumos Agrícolas

PATO BRANCO
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me dar capacidade de realizar esse trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luís César Cassol, pela orientação, paciência e ensinamentos prestados a mim e ao trabalho.

Aos meus amigos que me ajudaram na implantação do experimento e coleta dos dados.

A minha família e minha namorada por todo apoio e sacrifícios durante esta etapa.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, e a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada na instituição.

Ao Laboratório Multiusuário LABSOLOS (Laboratório de Solos) pelo auxílio nas análises de caracterização da área experimental.

A todos que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho tenha se tornado possível.

Nunca se esqueça dos dias que você orava pra
ter o que tem hoje.
(SCHNEERSOHN, 2020)

RESUMO

A cultura do milho, em função de suas características, é altamente responsiva a adubação nitrogenada, especialmente quando cultivada após outra espécie de mesma família botânica. No entanto, por ser um nutriente altamente dinâmico no sistema solo-planta-atmosfera, o nitrogênio é suscetível a várias formas de perda, sendo as principais a volatilização de amônia (NH_3) e a lixiviação de nitrato (NO_3^-). Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso de diferentes fontes de nitrogênio sobre os caracteres morfológicos (altura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro de colmo), os componentes de rendimento (número de grãos por espiga, número de fileiras por espiga e massa de mil grãos) e o rendimento de grãos da cultura do milho. O delineamento experimental foi de bloco ao acaso, com cinco tratamentos: Ureia, Sulfato de Amônio, Yarabela e Ureia Protegida (estabilizada), além de um tratamento testemunha e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. A aplicação das fontes foi feita em cobertura, de forma parcelada, nos estádios V4/V5 e V6/V7 de desenvolvimento da cultura do milho, na dose de 200 kg ha^{-1} de Nitrogênio (N). As avaliações dos caracteres morfológicos, componentes de rendimento e rendimento de grãos foram feitas no estágio de maturação fisiológica. O uso de diferentes fontes de N não influenciou na produtividade e nem nos componentes de rendimento da cultura, possivelmente pelo longo déficit hídrico observado durante o período experimental.

Palavras-chave: fertilizantes nitrogenados; milho; produtividade.

ABSTRACT

The corn crop, due to its characteristics, is highly responsive to nitrogen fertilization, especially when grown after another species of the same botanical family. However, as it is a highly dynamic nutrient in the soil-plant-atmosphere system, nitrogen is susceptible to various forms of loss, the main ones being ammonia volatilization (NH_3) and nitrate leaching (NO_3^-). This work aims to evaluate the effect of using different nitrogen sources on morphological characters (plant height, ear insertion height and stem diameter), yield components (number of grains per ear, number of rows per ear and mass of a thousand grains) and the grain yield of the maize crop. The experimental design was a randomized block, with five treatments: Urea, Ammonium Sulfate, Yarabela and Protected Urea (stabilized), in addition to a control treatment and four replications, totaling 20 experimental units. The application of the sources was done in coverage, in parts, in the stages V4/V5 and V6/V7 of development of the corn crop, at the dose of 200 kg ha^{-1} of N. The evaluations of the morphological characters, yield components and Grain yields were made at the physiological maturation stage. The use of different N sources did not influence the productivity or the yield components of the crop, possibly due to the long water deficit observed during the experimental period.

Keywords: nitrogen fertilizers; corn; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento (outubro de 2021 a março de 2022)	16
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo (0-20 cm), antes do início do experimento . . .	16
Tabela 2 – Quadrados médios da análise da variância, incluindo as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV), para as variáveis altura de inserção de espiga (AIE), altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de grãos por espiga (NGE), número de fileiras (NF), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de milho em resposta a diferentes fontes de N	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo geral	10
1.1.2	Objetivos específicos	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A importância da cultura do milho	11
2.2	Perdas de nitrogênio	11
2.3	Fontes de N	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Delineamento experimental e tratamentos	17
3.2	Condução do experimento	17
3.3	Avaliações realizadas	18
3.4	Análises estatísticas	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas o Brasil evoluiu grandemente na produtividade dos cultivos, especialmente na cultura da soja. No caso do milho, apesar da produtividade também ter aumentado, a produtividade de 5.662 kg ha^{-1} (CONAB, 2022), ainda está muito aquém do potencial da cultura. Várias causas contribuem para isso, envolvendo fatores bióticos (pragas, doenças, etc.) e abióticos (clima, solo, etc.). Ademais, solos muito intemperizados, alguns com baixos teores de matéria orgânica, podem contribuir para baixos estoques de nitrogênio (N) disponíveis para a cultura do milho.

O milho é uma cultura que apresenta alta demanda por N, a qual nem sempre é atendida somente pelo solo, sendo necessárias adubações com fertilizantes nitrogenados (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). Apesar da matéria orgânica ser uma grande fonte de N, a liberação do nutriente é lenta ao longo do ano agrícola e essa baixa velocidade de liberação nem sempre supre a demanda da cultura ou não possui sincronismo com a necessidade da cultura.

O nitrogênio nas plantas de milho é um elemento essencial na formação dos aminoácidos e proteínas para seus grãos, portanto, a produtividade da cultura está diretamente relacionada ao fornecimento deste mineral (ULLOA; LIBARDI; REICHARDT, 1982). Ainda, por se tratar de um elemento muito dinâmico no sistema solo-planta-atmosfera, os fertilizantes nitrogenados estão sujeitos a várias perdas, principalmente pela volatilização de NH_3 (amônia), causando prejuízos econômicos e ambientais. Nesse contexto, a pesquisa tem buscado alternativas no desenvolvimento de produtos que melhorem a eficiência de uso do N pelas plantas, reduzindo as perdas do elemento no sistema solo-planta-atmosfera.

Em função do menor custo e da alta concentração de N, a ureia é a fonte mais abundante e mais consumida no Brasil (YAMADA; ABDALLA, 2000). Porém, por ser uma fonte amídica (NH_2), está sujeita a perdas para a atmosfera, dependendo das condições do meio, através da volatilização, principalmente em áreas de plantio direto. Nessas áreas, caracterizadas pela presença de palha em superfície, a enzima urease (catalisadora das reações) tem maior atividade em contato com resíduos orgânicos do que com o solo, podendo levar a perdas de N na forma de NH_3 .

Além de perdas para a atmosfera, na forma de NH_3 , pelo fato dos solos cultivados apresentarem predomínio de cargas negativas, o N também é passível de sofrer perdas por lixiviação de NO_3^- , o qual pode atingir o lençol freático, em solos menos profundos, causando danos ambientais.

Diante disso, buscando reduzir essas perdas e melhorar a eficiência de uso, tem-se buscado a utilização de outras fontes nitrogenadas, como o Sulfato de Amônio, que apresenta menor concentração de N, mas em contrapartida tende a manifestar menores perdas por volatilização pelo fato de ser um fertilizante de base amoniacal (NH_4). Mais recentemente estão sendo desenvolvidos fertilizantes de eficiência aumentada, chamados de estabilizados (quando com adição de inibidores) ou de liberação lenta ou controlada (quando recobertos com polímeros

ou outros compostos). Estes fertilizantes surgem como uma das alternativas à ureia comum, já que apresentam menores perdas de N, causam menores impactos ambientais e, em tese, aumentam a produtividade da cultura.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho da cultura do milho adubada com fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada (estabilizada), à nível de campo, comparando-o com fontes tradicionais do tipo ureia e sulfato de amônio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho da cultura do milho em resposta ao uso de diferentes fontes de N.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar os componentes de rendimento e produtividade de milho;
- Comparar diferentes fontes de N na cultura do milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A importância da cultura do milho

O milho (*Zea Mays* L.) é cultivado e consumido em quase todo mundo, tendo grande importância na alimentação humana e animal. Sua cadeia produtiva movimenta a economia nacional, gerando empregos e mobilizando a indústria, sendo uma das principais *commodities* brasileiras. Devido à alta demanda do grão, principalmente pelos setores relacionados a pecuária, o Brasil não exporta quantidades significativas de milho e sim de proteína animal.

O cultivo de milho no Brasil vai desde pequenas propriedades, onde a força de trabalho é familiar, e a produção é basicamente destinada ao sustento, até grandes latifúndios que fazem um cultivo altamente tecnológico, visando altas produtividades (SILOTO, 2002). Na safra 2020/2021, a área total plantada foi estimada em 19,8 milhões de hectares, para uma produção esperada de 93,3 milhões toneladas, queda de 9% em comparação com a safra anterior CONAB (2021).

De acordo com Coêlho (2019) o milho é plantado em duas épocas principais, a primeira safra, de verão, e a segunda, de inverno, conhecida popularmente como safrinha. O plantio segue o zoneamento elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e apresenta alto potencial produtivo quando semeado nas épocas adequadas. Sofre influência da temperatura, da umidade, do fotoperíodo (tempo de exposição a luz solar) e da radiação solar. Na região Sul o plantio ocorre principalmente na segunda safra, de janeiro a abril; no Sudeste e Centro-oeste de janeiro a abril e no Nordeste (em destaque o estado do Piauí e da Bahia) em novembro e dezembro.

Segundo a CONAB (2019), nos últimos anos houve redução da quantidade produzida de milho 1ª safra, ficando na 2ª safra um valor de aproximadamente 70% de toda produção. Gerando uma preocupação pelo fato de que na 2ª safra o risco climático é maior, podendo ocasionar grandes perdas, afetando posteriormente o fornecimento interno para setores importantes como o de suínos e aves.

Dados do último Censo Agropecuário referente a quantidade de milho produzida no Brasil, apontam os seguintes valores de produção pelos maiores estados produtores sendo em ordem: Mato Grosso (28.555.889 toneladas), Paraná (14.110.882 toneladas) e Goiás (10.487.540 toneladas) (IBGE, 2017).

2.2 Perdas de nitrogênio

O milho, por não realizar simbiose com bactérias fixadoras de N, é altamente dependente da entrada externa deste nutriente, via fertilizações. Por ser um nutriente altamente dinâmico

no sistema solo-planta-atmosfera, o N é suscetível à perdas expressivas, sendo as principais a volatilização de NH_3 , a lixiviação de NO_3^- e a desnitrificação em ambientes anaeróbicos.

A ureia é a fonte de N mais consumida no Brasil, mas, segundo Cabezas, Korndorfer e Motta (1997) quando aplicada em superfície, em especial nos solos tropicais, sofre expressivas perdas gasosas de amônia (NH_3). Essas perdas podem ser minimizadas se a ureia for incorporada ao solo, seja via mecânica ou através de condições adequadas de umidade (CABEZAS *et al.*, 2000). Mas, no sistema plantio direto, predominante nos cultivos brasileiros, a incorporação mecânica não é permitida, ficando a melhor eficiência da ureia dependente exclusivamente das condições de clima, principalmente de uma adequada precipitação logo após a sua aplicação em cobertura.

A volatilização se dá por alguns processos. Logo após a aplicação da ureia [$(\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] ao solo a enzima urease, produzida por bactérias, fungos ou também originada de restos vegetais, promove a hidrólise da ureia, dando origem ao carbonato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$], que rapidamente gera, além de íons NH_4^+ , também OH^- e HCO_3^- . Essas reações fazem com que ocorra elevação do pH do solo ao redor dos grânulos do fertilizante (ERNANI; STECKLING; BAYER, 2001). Caso não ocorra incorporação da ureia ao solo, por implemento ou por chuva, esse aumento de pH favorece a conversão de parte do amônio em amônia (NH_3), que se perde para a atmosfera (SANGOI *et al.*, 2003b).

As maiores perdas de N na forma de amônia, segundo estudo realizado por Cabezas e Souza (2008), ocorreram no tratamento que foi aplicado ureia de forma exclusiva, cerca 76,8% do N aplicado. Sangoi *et al.* (2003b), em experimento realizado em laboratório, obtiveram o valor de 14% do N adicionado ao solo perdido pela volatilização de amônia. Essa discrepância de resultados encontrados pode ser explicada devido ao fato que os estudos foram realizados em locais diferentes, com características de solo distintas.

Segundo Costa, Vitti e Cantarella (2003), ao utilizar fontes nitrogenadas menos suscetíveis a volatilização, as perdas de nitrogênio são reduzidas. Freney *et al.* (1992) verificaram que a aplicação de sulfato de amônio resultou em perdas de apenas 1,8 % do N aplicado, bem inferiores as obtidas por Cabezas e Souza (2008), onde as perdas de N- NH_3 com aplicação de ureia de forma exclusiva (sem misturas), chegou a cerca de 76,8% do N aplicado.

A partir da atividade de bactérias, através da nitrificação do íon NH_4^+ , é possível que nos solos com carga negativa existam perdas de N por lixiviação de NO_3^- . No entanto, Yamada e Abdalla (2000) afirmam que essas perdas são pequenas e dependentes do fluxo de água no solo.

De acordo com Sangoi *et al.* (2003a), solos com textura argilosa tem maior capacidade de retenção de N, principalmente na forma NH_4^+ , do que solos de textura arenosa; os solos argilosos também apresentam maior capacidade de reter água, fator que reduz a percolação de água no perfil, desse modo a lixiviação de nitrato para camadas inferiores do solo é menor. (MELO JUNIOR *et al.*, 2010) constataram que a maneira de realização do preparo do solo, o tipo de solo e a forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados, tendem a influenciar tanto o

fluxo de água quanto a concentração de nitrato na solução do solo. Em seu estudo constataram que o fertilizante nitrogenado lixiviado em menor quantidade foi um tipo ureia revestida com polímeros de liberação lenta.

A forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados também é um fator que tem influência nas perdas N por lixiviação e por volatilização. Conhecer as reações que interferem na dinâmica do nitrogênio é importante para se fazer recomendações técnicas eficientes sobre o manejo da adubação nitrogenada como aponta Sangoi *et al.* (2003b).

O processo de lixiviação é fruto da liberação de íons na forma solúvel para a solução do solo e da locomoção destes através do movimento de infiltração da água no perfil do solo, provocando a remoção desses íons (GHIBERTO *et al.*, 2009). Ferreira (2012) recorda que a quantidade de íons lixiviados é diretamente dependente da concentração deste na solução do solo e do volume de água drenada. Segundo Maia e Cantarutti (2004) a alta mobilidade de nitrato depende da quantidade, da fonte nitrogenada adicionada ao sistema e também da predominância de cargas negativas nos coloides do solo que impede que os íons sejam adsorvidos, mantendo-se na solução do solo.

Visando reduzir perdas e melhorar a eficiência de aproveitamento do N pelas plantas, nos últimos tempos algumas tecnologias estão sendo empenhadas para diminuir as perdas por volatilização de amônia após a aplicação de ureia, apesar de apresentar custo mais alto, como: o recobrimento da ureia com enxofre, utilização de polímeros, emprego de inibidores de urease e ureia supergrânulo (CARROW, 1997). Visando reduzir perdas por lixiviação de NO_3^- é comum o uso de inibidores de nitrificação, com a finalidade de manter mais tempo o N na forma amoniacal (NH_4^+).

2.3 Fontes de N

Reddy e Reddy (1993) apontam que a eficiência do uso de N pela cultura do milho, assim como a disponibilidade do mesmo no sistema, é influenciada sobretudo pela fonte usada, pela época de aplicação e pelas condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura.

Dentre as fontes de N disponíveis no mercado a mais utilizada na agricultura brasileira é a ureia, sendo também a mais concentrada (46% de N). Outra fonte comum é o sulfato de amônio, que apresenta menor concentração de N em relação a ureia, cerca de 21% de N, e maior custo, porém com a vantagem de fornecer enxofre às plantas (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005).

Essas fontes, quando usadas em condições não adequadas, podem resultar em perdas por volatilização ou lixiviação. De acordo com Amado, Mielniczuk e Aita (2002), a baixa eficiência da ureia aliada ao emprego de altas doses aplicadas ao solo, gerou nos últimos anos preocupações ambientais relacionadas a poluição, oriundas do manejo inadequado dos fertilizantes nitrogenados, podendo ocasionar a contaminação dos lençóis freáticos por nitrato e perdas gasosas para a atmosfera.

Uma alternativa para retardar a oxidação de amônio a nitrato no solo e, por consequência, reduzir as perdas por lixiviação de NO_3^- , seria o uso de inibidores sintéticos de nitrificação, por exemplo, a nitrapirida, a dicianodiamida e 3,4-dimetil pirazol fosfato (SUBBARAO *et al.*, 2007).

Marcelino (2009), em estudo realizado no município de Votuporanga-SP, com inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), constatou que o uso do mesmo acabou não tendo contribuições na produtividade, ainda que, fosse evidente que a DCD proporcionou maior teor de N no solo, elevando também as porcentagens de N no colmo, folha, sabugo e grãos do milho.

Dentre os fertilizantes de eficiência aumentada, destaque para aqueles que recebem algum tipo de revestimento. Existem dois tipos de fertilizantes revestidos: os estabilizados e os de liberação lenta ou controlada. Fertilizantes estabilizados em geral são solúveis em água e recobertos com polímeros capazes de alterar ou inibir os processos enzimáticos e microbianos do solo; em contrapartida os fertilizantes de liberação lenta ou controlada apresentam baixa solubilidade em água, tendo como característica a liberação gradual de N ao sistema, por determinado período de tempo (FERREIRA, 2012).

De acordo com Breda *et al.* (2010) a utilização de revestimentos com diferentes materiais, tem o intuito de reduzir a taxa de liberação de N da ureia e do sulfato de amônio. São utilizados basicamente dois tipos de recobrimento, com polímeros ou enxofre e no caso do recobrimento com polímeros a liberação é feita através da propagação que atravessa a camada de recobrimento.

Shaviv e Mikkelsen (1993) relataram sobre o uso de adubos encapsulados de liberação gradativa, que em tese permitem que o N fosse liberado aos poucos no solo, de acordo com a demanda da cultura por esse nutriente, reduzindo assim as chances de perdas de N.

A taxa de liberação de N dos fertilizantes recobertos com polímeros, também está ligada a temperatura e a quantidade de água no solo, sendo que esses fatores aumentam a permeabilidade dos componentes de revestimento, aumentando assim a taxa de liberação dos componentes presentes nos grânulos Guelfi (2017). De acordo com Golden *et al.* (2009) o custo dos fertilizantes revestidos é elevado, ocasionando a baixa adoção desse tipo de fertilizante nos sistemas de cultivo, sendo necessário o desenvolvimento de produtos econômica e agronomicamente mais favoráveis que os fertilizantes nitrogenados comuns.

Em relação a volatilização de amônia, Pereira *et al.* (2009) observaram que tratamentos conduzidos com ureia revestida por polímero de liberação lenta e ureia revestida com inibidor de urease propiciaram redução de aproximadamente 50% da volatilização em relação a ureia comum, proporcionando maiores produtividades neste caso.

Schlegel, Nelson e Sommers (1986) constaram que os teores de N no tecido vegetal de plantas de milho, quando aplicada ureia que continha inibidor de urease (neste caso NBPT) foram de $28,2 \text{ g kg}^{-1}$, na concentração de 2% desse inibidor e a ureia sem presença do mesmo apresentou resultado de $25,6 \text{ g kg}^{-1}$, refletindo no aumento da produtividade pelo uso desse inibidor. Scivittaro *et al.* (2010) em estudo desenvolvido no Rio Grande do Sul, observaram que

a associação da ureia com o inibidor (NBPT) reduziu consideravelmente as perdas de N na forma amídica. A porcentagem de redução encontrada por esse autor foi de 88% em solo úmido e 83% em solo saturado por água. Em solo úmido as perdas de N foram de 2,4 kg ha⁻¹, cerca de 2,6% do N aplicado, proporcionando a vantagem da aplicação de ureia poder ser feita até 10 dias antes da ocorrência de chuvas ou irrigação sem prejuízos no rendimento de grãos.

Apesar de serem tecnicamente recomendados, nem sempre o uso de outros fertilizantes, que não a ureia, trazem ganhos ao sistema de produção. Peruzzo, Siqueira e Wietholter (1994) compararam a eficiência agrônômica de alguns fertilizantes nitrogenados utilizados em cobertura na cultura do trigo e não observaram diferença no rendimento de grãos entre as diferentes fontes de N (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio). No mercado nacional existem várias fontes alternativas à ureia, as quais vem sendo utilizadas pelos produtores.

Uma dessas fontes é o fertilizante YaraBela, caracterizado por conter em sua fórmula nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal, sendo a base de nitrato (nitrato de amônio). A fabricante divulga que o produto apresenta baixas perdas de amônia por volatilização, comparada a ureia comum, e alta densidade dos grânulos, o que facilita sua aplicação por atingir larguras de faixa maiores. Sua formulação consiste em 27% de N, 4% de Ca e 2% de Mg (YARA, 2020).

A ureia conhecida como Super Nitro, contendo 45% de N, é um fertilizante de eficiência aumentada, com inibidor de urease, onde o intuito é reduzir a volatilização de amônia, a fabricante deste fertilizante não divulga qual inibidor é empregado.

Dentre as fontes tradicionais, a ureia convencional contém 46% de N e é ausente a presença de outros nutrientes em sua formulação. Além desta, também é muito utilizado o sulfato de amônio, contendo 21% de N e 20% de enxofre, não sendo considerado um fertilizante de eficiência aumentada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, nas coordenadas geográficas 26°10'36" S e 52°41'28" W, que possui altitude de 760 metros. O solo é derivado de basalto, com textura muito argilosa e classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS *et al.*, 2013), cujas características químicas iniciais (antes do início do experimento), estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química do solo (0-20 cm), antes do início do experimento

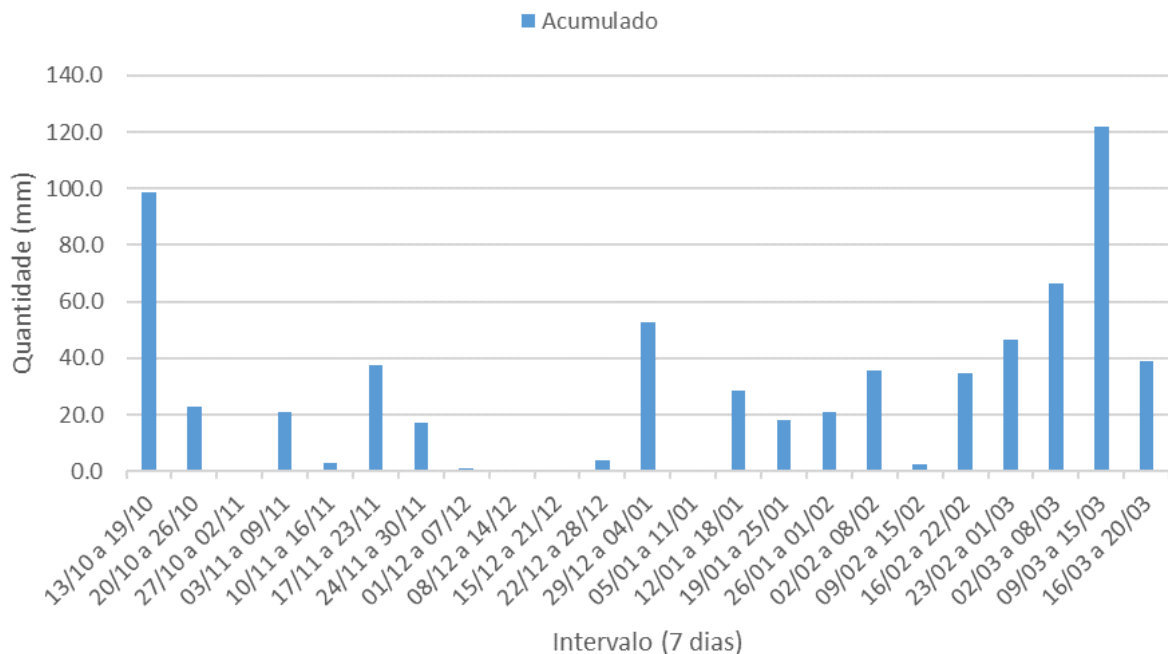
pH-CaCl ₂	MO	P	K	Ca	Mg	Al	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	—	cmol _c /dm ³	—	—	%
5,3	52,3	8,4	0,05	5,0	4,1	0,00	72,2 %

Fonte: Autoria própria (2022).

O clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido), segundo Köppen, com uma temperatura média de 18,5 °C, e uma média anual de pluviosidade de 1931 mm, possuindo chuvas moderadas distribuídas durante todo o ano.

Na figura 1, estão dispostos os dados pluviométricos a cada sete dias durante o período experimental, obtidos do aplicativo IAPAR Clima, que possui uma de suas estações meteorológicas no município de Pato Branco – PR, localizada a 11,4 quilômetros da área experimental da UTFPR.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento (outubro de 2021 a março de 2022)



Fonte: Clima (2022).

3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi de bloco ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos testados foram fontes de nitrogênio aplicadas de forma parcelada nos estádios vegetativos V4/V5 e V6/V7 da cultura do milho, nos dias 12/11 e 24/11 respectivamente. Foram testadas quatro fontes de N: Ureia (46% de N), Ureia Super Nitro (45% de N), Sulfato de amônio (21% de N) e YaraBela (27% de N), além de um tratamento testemunha (sem adubação nitrogenada). A dose de N aplicada, para todos os tratamentos (exceto a testemunha), foi de 200 kg ha⁻¹ de N.

3.2 Condução do experimento

A cultura que antecedeu o milho foi a aveia branca, semeada com o intuito de cobertura de solo. O manejo da aveia foi feito no dia 04/08/2021, dessecada com herbicida Glifosato na dosagem de 1 litro por hectare.

Foi realizada a semeadura do híbrido simples, cultivar DEKALB DKB 290 PRO3, com bom potencial produtivo e moderadamente tolerante ao complexo de enfezamentos, como forma de precaução, diminuindo as interferências de pragas e doenças nos resultados obtidos.

A cultura do milho foi implantada no dia 13/10/2021, o processo de semeadura contou com auxílio de uma semeadora-adubadora, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de aproximadamente 66666 plantas por hectare. A adubação de base foi realizada de acordo com os resultados obtidos através da análise de solo. Seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem do estado do Paraná, foram aplicados 350 kg ha⁻¹ da formulação 08-30-15. Posteriormente no dia 09/11/2021 foram aplicados 108 kg ha⁻¹ de óxido de potássio (K₂O), utilizando como fonte o cloreto de potássio (KCl), em cobertura sob todas as parcelas, visto que na análise de solo, os níveis de potássio da área estavam muito baixos.

No período inicial da cultura (V2) foi realizada uma aplicação de herbicida Atrazina + glifosato, durante o ciclo foram aplicados inseticidas para controle de cigarrinha-do-milho (Connect e Galil), além uma aplicação de fungicida Fox, no pré pendoamento, para todos os produtos foram utilizados dose cheia, conforme consta em suas bulas.

As parcelas possuíam 22,05 metros quadrados de área total, a área útil foi de 5,4 m² (3 linhas de semeadura x 4 metros de comprimento) que foi utilizada para produtividade de grãos. A colheita do experimento ocorreu no dia 20/03/2022, juntamente com a coleta dos dados das variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e diâmetro de colmo (DC), a abreviação do nome das variáveis é as iniciais de cada palavra.

3.3 Avaliações realizadas

Foram coletados dados para estimar a produtividade em cada parcela, analisando as variáveis:

Componentes de rendimento: número de grãos por espiga (NGE), foi feita a contagem de 10 espigas coletadas aleatoriamente; número de fileiras (NF), contadas nas mesmas 10 espigas da análise de NGE; massa de mil grãos (MMG), pesados 800 grãos e analisada a variância e desvio padrão entre as amostras, onde a umidade foi corrigida para 13% e posteriormente feitos os cálculos.

Rendimento de grãos (RG): Foram colhidos três metros de quatro linhas, totalizando 5,4 m² de área colhida, em cada unidade experimental, as espigas foram debulhadas manualmente, a umidade foi corrigida para 13% e posteriormente os dados foram extrapolados para kg ha⁻¹.

Caracteres morfológicos: Altura de inserção de espiga (AIE), da base da planta rente ao solo até o ponto de inserção da espiga; altura de planta (AP), da base até a inserção da última folha, com auxílio de uma trena graduada; diâmetro de colmo (DC), com paquímetro digital, a medição será realizada na base da planta.

3.4 Análises estatísticas

Foram verificados os pressupostos da análise de variância (ANOVA) e em seguida, os dados foram submetidos a ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade, no programa Genes. Pelo fato de não ter havido efeito dos tratamentos, dispensou-se a realização de teste de médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve efeito do uso de diferentes fontes de N sobre as variáveis avaliadas na cultura do milho: altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de grãos por espiga (NGE), número de fileiras (NF), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) (Tabela 2).

Tabela 2 – Quadrados médios da análise da variância, incluindo as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV), para as variáveis altura de inserção de espiga (AIE), altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de grãos por espiga (NGE), número de fileiras (NF), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de milho em resposta a diferentes fontes de N

Quadrados médios				
Fontes da variação	GL	AIE	AP	DC
Blocos	3	0,003818	0,000724	1544,565
Tratamentos	4	0,000243 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	1295,233 ^{ns}
Resíduo	12	0,001133	0,00013	0000,590
Média		1,54	2,21	24,60
CV (%)		2,18	5,55	03,12
Fontes da variação	NGE	NF	MMG	RG
Blocos	1007,796	0,114	532,856658	0,00298
Tratamentos	0265,47175 ^{ns}	0,103 ^{ns}	098,417557 ^{ns}	0,003262 ^{ns}
Resíduo	1163,16475	0,225667	195,324975	0,005819
Média	412,42	17,53	354,86	2414,79
CV (%)	008,27	02,71	003,94	0002,26

ns=não significativo

Fonte: Autoria própria (2023).

O período experimental, de outubro de 2021 a março de 2022, foi marcado por uma forte estiagem, tendo sido observada uma precipitação de cerca de 670 mm, porém de forma mal distribuída ao longo de todo o ciclo do milho, onde a estiagem se intensificou justamente no período crítico para a cultura (Figura 1). Apenas na semeadura e praticamente ao final do ciclo do milho é que se observaram volumes de chuva mais significativos.

A chuva mal distribuída, com escassez no mês de dezembro, explica a obtenção de índices produtivos inferiores àqueles idealizados antes do início do experimento, para uma cultivar de ciclo precoce. Para exemplificar, conforme informações constantes no portfólio da empresa detentora dos direitos do híbrido DKB 290, os valores médios de AP e MMG deveriam ser de 2,63 m e 466 gramas, respectivamente. Nesse trabalho os valores encontrados foram de 2,21 m em média para AP e 355 g para MMG, possivelmente pela escassez hídrica no período de realização deste estudo.

Melo *et al.* (2018), comparando diferentes genótipos de milho em condições de estresse hídrico, encontraram maiores médias para AP em ambiente que não passou por estresse, comparado aos que passaram por este tipo de privação.

De acordo com Bergamaschi *et al.* (2004), a ocorrência de uma estiagem no período crítico da cultura, que acontece do pendoamento até o início do enchimento de grãos, reduz drasticamente a produtividade do milho. Numa situação onde a cultura recebeu 46,8 mm de chuva no período crítico foram produzidos 8000 kg ha⁻¹ de milho, porém quando ocorreu estiagem nos estádios mais sensíveis a escassez de água, a produção foi inferior a 2000 kg ha⁻¹. Estes resultados são similares ao presente trabalho, onde o mesmo passou por um longo período de déficit hídrico antecedendo os estádios reprodutivos do milho, alcançando produtividade média de 2414,79 kg ha⁻¹.

Além dos baixos tetos produtivos observados nesse trabalho, é possível também que a forte estiagem tenha comprometido a observação de alguma diferença entre as fontes testadas, uma vez que não houve efeito sequer em relação ao tratamento testemunha, sem aplicação de N.

A cultura do milho foi implantada sob resíduos de aveia que apresentam relação C/N superior a 30 (GIACOMINI *et al.*, 2003). Nessa condição ocorre imobilização de nitrogênio do solo pelos microrganismos decompositores da palhada de aveia, causando deficiência para a cultura que vem na sequência. Porém, esse período de imobilização perdura entre 30-45 dias e, conforme os compostos vão sendo metabolizados, cai a relação C/N e em consequência a imobilização de N (VIEIRA, 2017).

Em cultivo de aveia preta sob condições de solo e clima apropriadas, 30 dias após o manejo de dessecação da cultura, AITA *et al.* (1994) encontraram liberação de 33 kg ha⁻¹ de N pelos resíduos da aveia, ressaltando que após a fixação em compostos orgânicos, o N estará propenso a ciclagem no sistema planta-palha-solo.

Isto ajuda a explicar o fato do tratamento testemunha não ter diferido dos demais, visto que o valor de matéria orgânica obtido na análise de solo foi de 52,27 g dm³, considerado alto, e a dessecação da aveia preta ter sido realizada 69 dias antes do plantio. Dessa forma, é possível que o N imobilizado pelos microrganismos para decomposição da cultura antecessora ao milho já havia passado pela ciclagem e voltado ao sistema.

Cancellier (2013) aponta que o histórico da área deve ser analisado quando forem definidas as adubações na cultura do milho, sendo que em áreas onde o sistema plantio direto está implantado a um longo período de tempo, o solo tem boa capacidade de suprir e ciclar N em formas orgânicas e minerais, oportunizando produtividades consideravelmente boas, apesar de não ser feita a aplicação de N, graças ao estoque desse nutriente em formas orgânicas no solo.

Carmo *et al.* (2012), em estudo com milho doce (*Zea mays convar. saccharata var. rugosa*) realizado em Palmeiras de Goiás - GO, não observaram diferença significativa das fontes de nitrogênio, nos componentes de rendimento do milho. O mesmo vale para Meira (2006), em trabalho realizado em Selvíria – MS, utilizando sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia não encontrou diferença significativa para as fontes de N nas variáveis DC, AIE e Produtividade de grãos.

Ros *et al.* (2015) consideram que a falta de resposta da cultura do milho as fontes de nitrogênio estejam ligadas ao parcelamento da adubação nitrogenada, onde os fertilizantes podem não ter tido diferenças nas taxas de liberação de N.

(CANCELLIER, 2013) relata que o uso de ureia estabilizada ou de liberação controlada não possibilitou produtividades maiores em relação a ureia comum, sendo assim estes fertilizantes quando aplicados em cobertura na cultura do milho, não apresentaram melhor eficiência do uso de N. O mesmo ocorreu no presente trabalho, onde a ureia estabilizada (inibidor de uréase) ou mesmo a fonte com base nítrica e amoniacal, não se diferenciaram estatisticamente dos demais tratamentos.

5 CONCLUSÃO

O uso de diferentes fontes de nitrogênio não aumentou a produtividade da cultura do milho, em relação a testemunha.

Os componentes de rendimento não tiveram acréscimos nos tratamentos onde foram utilizados fertilizantes nitrogenados.

O alto teor de MO do solo, associado a longa estiagem durante todo o período experimental, devem ter impactado sobre os resultados desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- AITA, C. *et al.* Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 18, n. 1, p. 101–108, 1994. ISSN 0100-0683.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241–248, 2002. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000100025&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 ago. 2021.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831–839, 2004. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000900001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 06 nov. 2022.
- BREDA, F. A. d. F. *et al.* Perdas por volatilização de N-uréia revestida com polímero. p. 4, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/873215/1/perdaspor.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2021.
- CABEZAS, W. A. R. L.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 2331–2342, 2008. ISSN 0100-0683, 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/JL87ZTKYdNjNfytrbm76YSw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- CABEZAS, W. A. R. L. *et al.* Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 363–376, 2000. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832000000200014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 28 jul. 2021.
- CABEZAS, W. L.; KORNDORFER, G.; MOTTA, S. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho:: II. avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 489–496, 1997. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831997000300019&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 28 jul. 2021.
- CANCELLIER, E. L. **Eficiência da uréia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída**. 2013. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4105>. Acesso em: 31 out. 2022.
- CARMO, M. S. d. *et al.* Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). Palmeiras de Goiás - GO, p. 223–231, 2012. Acesso em: 06 nov. 2022.
- CARROW, R. N. Turfgrass Response to Slow-Release Nitrogen Fertilizers. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 3, p. 491–496, 1997. ISSN 0002-1962, 1435-0645. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1997.00021962008900030020x>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CLIMA, I. **Aplicativo Iapar Clima**. 2022. Acesso em: 10 nov. 2022.

COÊLHO, J. D. Produção de grãos – feijão, milho e soja. v. 81, p. 11, 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/81_Graos.pdf/b4faa20e-6855-fdf6-1629-741afb0748f#:~:text=O%20maior%20produtor%20estadua%20%20C3%A9,%20o%20maior%20produtor%20nordestino. Acesso em: 30 jul. 2021.

CONAB. **Análise mensal trigo**. 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/gabri/Downloads/TrigoZ-ZAnaliseZMensalZ-ZAbrilZ2022.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.

CONAB, C. B. d. A. **Análise Mensal Milho**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-milho/item/12123-milho-analise-mensal-junho-julho-2019>. Acesso em: 26 jul. 2021.

CONAB, C. B. d. A. Acompanhamento da safra brasileira. **Safra 2021/21 10º levantamento**, v. 8, n. 10, p. 110, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 04 ago. 2021.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 631–637, 2003. ISSN 0100-0683, 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/ypz6D4LPzWDNv9zVvgT7bhL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 939–946, 2001. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832001000400017&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 05 ago. 2021.

FERREIRA, D. A. **Eficiência agrônômica da ureia revestida com polímero na adubação do milho**. 2012. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-15052012-101054/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

FRENEY, J. R. *et al.* Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. **Fertilizer Research**, v. 31, n. 3, p. 341–349, 1992. ISSN 0167-1731, 1573-0867. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF01051285>. Acesso em: 28 jul. 2021.

GHIBERTO, P. *et al.* Leaching of nutrients from a sugarcane crop growing on an Ultisol in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 10, p. 1443–1448, 2009. ISSN 03783774. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377409001334>. Acesso em: 02 ago. 2021.

GIACOMINI, S. J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000200012&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 03 nov. 2022.

GOLDEN, B. *et al.* Evaluation of polymer-coated urea for direct-seeded, delayed-flood rice production. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 2, p. 375–383, 2009. ISSN 03615995. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj2008.0171>. Acesso em: 02 ago. 2021.

GUELFÍ, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. p. 32, 2017. Disponível em: <http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/90DE38570A7216CB832580FB0066E3B4/\protect\T1\textdollarFILE/Jornal-157.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.

IBGE. **IBGE - Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 jul. 2021.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 39–44, 2004. ISSN 1415-4366. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000100006&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 ago. 2021.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. Tese (Doutorado) — Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb00030.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

MEIRA, F. d. A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira/SP, 2006. Acesso em: 01 nov. 2022.

MELO, A. V. D. *et al.* Desempenho agrônomo de genótipos de milho submetidos ao estresse hídrico no sul do estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 177, 2018. ISSN 1980-6477, 1676-689X. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/817>. Acesso em: 06 nov. 2022.

MELO JUNIOR, H. B. d. *et al.* Uso de fontes revestidas com polímeros de liberação gradual e uréia convencional. v. 6, n. 11, p. 12, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/uso%20de%20fontes.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2021.

PEREIRA, H. S. *et al.* Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1685–1694, 2009. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600017&lng=en&tlng=en. Acesso em: 02 ago. 2021.

PERUZZO, G.; SIQUEIRA, O. j. F. d.; WIETHOLTER, S. Eficiência agrônoma de fertilizantes nitrogenados para a cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 7, p. 1027–1034, 1994. ISSN 1678-3921. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4144>. Acesso em: 31 jul. 2021.

REDDY, G. B.; REDDY, K. R. Fate of nitrogen-15 enriched ammonium nitrate applied to corn. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, n. 1, p. 111–115, 1993. ISSN 03615995. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1993.03615995005700010021x>. Acesso em: 02 ago. 2021.

ROS, C. O. D. *et al.* Nitrogenio disponivel. v. 11, p. 12, 2015. Acesso em: 02 nov. 2022.

- SANGOI, L. *et al.* Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 33, p. 65–70, 2003. ISSN 0103-8478, 0103-8478, 1678-4596. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cr/a/J6ztdjBwxXsZ5BfYfvVWCXw/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- SANGOI, L. *et al.* Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 687–692, 2003. ISSN 0103-8478. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000400016&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 04 ago. 2021.
- SANTOS, H. G. d. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a edição revista e ampliada. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. ISBN 978-85-7035-198-2.
- SCHLEGEL, A. J.; NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Field evaluation of urease inhibitors for corn production ¹. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 6, p. 1007–1012, 1986. ISSN 0002-1962, 1435-0645. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1986.00021962007800060015x>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- SCHNEERSOHN, A. **Nunca se esqueça dos dias que você orava pra ter o que tem hoje**. 2020. Disponível em: <https://kdfrases.com/usuario/abrahamschneersohn/frase/206521>. Acesso em: 07 set. 2021.
- SCIVITTARO, W. B. *et al.* Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1283–1289, 2010. ISSN 0103-8478. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000600007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 05 ago. 2021.
- SHAVIV, A.; MIKKELSEN, R. L. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review. **Fertilizer research**, Kluwer Academic Publishers, v. 35, n. 1, p. 1–12, 1993. ISSN 1573-0867. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00750215>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- SILOTO, R. C. **Danos e biologia de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. Tese (Mestrado em Entomologia) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-08012003-105735/>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- SUBBARAO, G. V. *et al.* Biological nitrification inhibition (BNI)—is it a widespread phenomenon. **Plant and Soil**, v. 294, n. 1, p. 5–18, 2007. ISSN 1573-5036. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9159-3>. Acesso em: 13 ago. 2021.
- ULLOA, A. M. C.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Utilizacao do nitrogenio fertilizante por dois hibridos de milho. p. 66, 1982. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=252335&biblioteca=CPATSA&busca=ULLOA,%20A.%20M.%20C.&qFacets=ULLOA,%20A.%20M.%20C.&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1#>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- VIEIRA, R. F. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. 1. ed. [S.l.]: Silvana Cristina Teixeira, 2017. ISBN 978-85-7035-780-9. Acesso em: 22 out. 2022.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? p. 16, 2000. Disponível em: <http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/816B649F7310266383257AA3006954F5/proprotectT1\textdollarFILE/Jornal\%2091.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 141, 2005. ISSN 1679-0359, 1676-546X. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2281>. Acesso em: 16 jul. 2021.

YARA, B. **Eficiência que faz a diferença**. 2020. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/globalassets/yarabela-folder-a4-2020.12.24.pdf/>. Acesso em: 18 nov. 2022.