

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

MANEJO DE NITROGÊNIO EM MILHO SEGUNDA SAFRA E
REPOSTA DA SOJA EM SUCESSÃO

JOÃO VITOR ALVES DE SOUSA
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2021

JOÃO VITOR ALVES DE SOUSA

**MANEJO DE NITROGÊNIO EM MILHO SEGUNDA SAFRA E REPOSTA DA SOJA EM
SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2021**

Universidade de Rio Verde

Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira

Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

S696a

Sousa, João Vitor Alves de

Manejo de nitrogênio em milho segunda safra e reposta da soja em sucessão. / João Vitor Alves de Sousa. –2021
48 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Calos Cesar Evangelista de Menezes.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2020.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Uréia. 2. Manejo. 3. Nitrogenados. I. Menezes, Calos Cesar Evangelista de. II. Título.

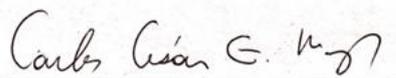
CDD: 633.8

JOÃO VITOR ALVES DE SOUSA

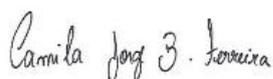
**MANEJO DE NITROGÊNIO EM MILHO SEGUNDA SAFRA E REPOSTA DA SOJA EM
SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 22 de outubro de 2021



Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Profa. Dra. Camila Jorge Bernabé Ferreira Braz
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo Castoldi
Membro – IFGoiano - Rio Verde



Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart
Membro – AGRODEFESA

AGRADECIMENTOS

A todos os meus familiares, que de alguma forma me auxiliaram em mais uma de minhas conquistas, em especial, ao meu pai Rui Cesar de Sousa, minha mãe Donizete Ferreira Alves de Sousa, minha irmã Gabriella Alves de Sousa e também a minha esposa Camila Moraes Fonseca e toda sua família, foi imprescindível o apoio de todos!

Aos professores do programa de Pós-Graduação da Universidade de Rio Verde UniRV, que se comprometeram em passar o melhor conteúdo teórico e prático.

Ao meu orientador Carlos César Evangelista de Menezes, pelo companheirismo e auxílio nos períodos de estudo, apresentações e correção da presente dissertação.

Ao Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano - GAPES/ CNA, incluindo todos os seus colaboradores: diretor, gerente de pesquisa, pesquisadores e estagiários. Agradeço, pela oportunidade de trabalho e execução dos experimentos nos dois anos de condução do mesmo.

Aos meus amigos, por todo apoio, confiança, incentivo e companheirismo, em nome de Roberto da Silva e Rômulo Fuchs Brunetta, que estiveram presentes desde a graduação, sempre se dispondo a ouvir e ajudar.

Ao meu primo Higor Souza Valadão, por toda troca de experiência e conselhos desde a adolescência, foram muito importantes para chegarmos até aqui.

Por fim, agradeço a Deus, por todas as habilidades profissionais e acadêmicas adquiridas, por me dar força em momentos de dificuldade, me tornando cada vez mais forte.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
RESUMO GERAL.....	VI
GENERAL ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Nitrogênio no sistema produtivo soja/milho.....	3
2.2 Fontes de nitrogênio.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Primeira etapa: semeadura antecipada.....	10
3.2 Segunda etapa: semeadura tardia.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1 Influência das fontes e doses de adubação nitrogenada no desempenho do milho e da soja em sucessão.....	13
4.2 Influência das fontes de N aplicadas em diferentes estádios fenológicos do milho.....	25
5 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Balanço hídrico referente ao primeiro ano de condução dos experimentos de primeira e segunda etapa de plantio do milho, em segunda safra, no centro de inovação tecnológica-GAPES 2019.....	9
FIGURA 2	Balanço hídrico referente ao segundo ano de condução dos experimentos de primeira e segunda etapa de plantio do milho, em segunda safra, no centro de inovação tecnológica-GAPES 2020.....	10
FIGURA 3	Produtividade de milho em função das doses de nitrogênio aplicadas, em segunda safra, 2020.....	19
FIGURA 4	lade de soja em função das doses de nitrogênio aplicadas no milho, em segunda safra, 2020.....	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resultado da análise de solo (0-20 cm), no início da condução dos experimentos com plantio na primeira etapa de milho safrinha, no centro de inovação tecnológica-GAPES. Rio Verde (2019).....	11
TABELA 2	Resultado da análise de solo (0-20cm), no início da condução dos experimentos com plantio em segunda etapa de milho safrinha, no centro de inovação tecnológica-GAPES. Rio verde (2019).....	12
TABELA 3	Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para peso de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 1), Rio Verde, GO, 2019.....	14
TABELA 4	Resumo da análise de variância para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na primeira etapa do milho, em segunda safra (experimento 1), CIT - GAPES, 2020, Rio Verde, GO.....	16
TABELA 5	Teste de média para altura de inserção da espiga, altura de planta, diâmetro de colmo, massa de mil grãos, produtividade de milho e soja, referentes à condução na primeira etapa do milho, em segunda safra (experimento 1), CIT - GAPES, 2020, Rio Verde, GO.....	17
TABELA 6	Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa de milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2019.....	21
TABELA 7	Resumo da análise de variância para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo, massa de mil grãos (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa do milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2020..	23
TABELA 8	Teste de média para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo, massa de mil grãos (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa do milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2020.....	24

TABELA 9	Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG) e produtividade de milho (Prod milho), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 2), CIT - GAPES, 2019.....	25
TABELA 10	Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para altura de inserção de espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos de milho (MMG) e produtividade de milho (Prod), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 2), CIT - GAPES, 2020.....	27
TABELA 11	Resumo da análise de variância, e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho (Prod), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, em condução na segunda etapa de milho, em segunda safra, (Experimento 4) CIT - GAPES, 2019..	28
TABELA 12	Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para altura de inserção de espiga (AE) altura de planta (AP) diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho (Prod.), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, em condução na segunda etapa de milho, em segunda safra (experimento 4), CIT - GAPES, 2020.....	30

RESUMO

SOUSA, J. V. A. de, UniRV - Universidade de Rio Verde, outubro de 2021. **Aplicação de nitrogênio e desempenho do milho segunda safra e produtividade da soja subsequente.** Orientador: Prof. Dr. Carlos Cesar Evangelista de Menezes. Coorientadora: Dra. Camila Jorge Bernabé Ferreira

A região do Cerrado é uma das grandes responsáveis pelo crescimento da produção do milho, cultivado principalmente, subsequente à safra da soja, cenário em que, em termos de demanda nutricional, o nitrogênio é o nutriente mais requerido. Diante disto, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes fontes, doses e manejo de adubação nitrogenada, na cultura do milho em segunda safra, em duas épocas distintas e foram conduzidos em dois anos (entre a primeira quinzena de fevereiro e na segunda quinzena de fevereiro), bem como avaliar o efeito residual da adubação sobre a produtividade da soja cultivada em sucessão. Foram conduzidos 4 experimentos no campo em delineamento de blocos casualizados sendo dois em cada época de semeadura. A semeadura dos experimentos foi dividida em duas etapas: sendo semeadura antecipada, que foram semeados no primeiro ano no dia 29 de janeiro de 2019 e no segundo ano em 18 de fevereiro de 2020 e semeadura tardia, semeado no primeiro ano, em 05 de março de 2019 e no segundo em 03 de março de 2020. Para a primeira época, o experimento 1 foi conduzido em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, com 3 fontes de nitrogênio (N), (ureia, ureia com inibidor de urease e CAN), e três doses (60, 90 e 120 kg ha^{-1}), aplicados no estádio fenológico V3 do milho, mais o tratamento adicional sem aplicação do nitrogênio. Os tratamentos do experimento 2 foram em esquema fatorial $3 \times 4 + 1$ compostos pelas mesmas fontes de nitrogênio do experimento 1, combinadas com aplicações, em diferentes estádios fenológicos do milho (imediatamente após a semeadura; V3; V6 e aplicação imediata após a semeadura + V3) na dose de 120 kg ha^{-1} de N. Para os experimentos implantados na segunda época (experimentos 3 e 4), o experimento 3 foi disposto em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$ utilizando mesmas fontes do experimento 1, nas doses 30; 60 e 90 kg ha^{-1} de N aplicado em V3 mais o tratamento adicional sem aplicação. O experimento 4, foi realizado em esquema fatorial $3 \times 4 + 1$ composto, pelas mesmas fontes de nitrogênio do experimento 1, combinadas com aplicações em diferentes estádios fenológicos do milho (imediatamente após a semeadura; V3; V6 e aplicação imediata após a semeadura + V3) na dose de 90 kg ha^{-1} de N. Os experimentos foram conduzidos por dois anos (safra 2019/2020 e 2020/2021). As avaliações realizadas para o milho no primeiro ano foram massa de mil grãos e produtividade, e avaliado a produtividade da soja em sucessão. No segundo ano foram avaliados: altura de inserção da espiga, altura de plantas, diâmetro de colmo, peso de mil grãos e produtividade de grãos para o milho e produtividade da soja em sucessão. Foram realizadas avaliações na cultura da soja apenas para os experimentos 1 e 3. Para a cultura do milho, nas variáveis altura de planta e diâmetro de colmo foi possível observar que não houve efeito do aumento de dose para as características avaliadas, enquanto que, para os experimentos em que foram testados os estádios de aplicação (2 e 4), as aplicações em V6 corresponderam a resultados inferiores para diâmetro de colmo.

Palavras-chave: Uréia, Manejo, Nitrogenados.

ABSTRACT

SOUSA, J. V. A., UniRV - Universidade de Rio Verde, September 2021. **Nitrogen application and corn second crop performance and subsequent soybean yield.** Advisor: Prof. Dr. Carlo Cesar Evangelista de Menezes. Co-advisor: Dr. Camila Jorge Bernabé Ferreira

The Cerrado region is one of the major responsible for the growth of corn production, which is mainly cultivated after the soybean harvest, a scenario in which, in terms of nutritional demand, nitrogen is the most required nutrient. Therefore, the objective was to evaluate the efficiency of different sources, doses and management of nitrogen fertilization in the corn culture in the second harvest in two different seasons and were conducted in two years (between the first fortnight of February and the second fortnight of February) as well as evaluate the residual effect of fertilization on the productivity of soybean grown in succession. Four experiments were conducted in the field in the design of randomized blocks, two at each sowing time. The sowing of the experiments was divided into two stages, being anticipated sowing, which were sown in the first year on January 29, 2019 and the second year on February 18, 2020 and late sowing, sown in the first year on March 5, 2019 and the second on March 3, 2020. For the first time, experiment 1 was conducted in a $3 \times 3 + 1$ factorial scheme, being 3 sources of nitrogen (N), urea (urea, urea with urease inhibitor and CAN), and three doses (60, 90 and 120 kg ha⁻¹), applied in the phenological stage V3 of corn, further treatment without application of nitrogen. The treatments of experimente 2 were in a $3 \times 4 + 1$ factorial scheme composed by the same nitrogen sources of experimente 1, combined with applications in diferente corn phenological stages (immediately after sowing) V3; V6 and immediate application after planting + V3) at a dose of 120 kg ha⁻¹ of N. For the experiments implemented in the second epoch (experiments 3 and 4), experiment 3 was evaluated in a $3 \times 3 + 1$ factor scheme using the same sources as in experiment 1 at doses 30; 60 and 90 kg ha⁻¹ of N applied to V3 plus additional treatment without application. For experiment 4, it was carried out in a $3 \times 4 + 1$ factorial scheme composed by the same nitrogen sources of experiment 1, combined with applications in different corn phenological stages (immediately after sowing; V3; V6 and immediate application after planting + V3) at a dose of 90 kg ha⁻¹ of N. The experiments were conducted for two years (2019/2020 and 2020/2021 harvest). The evaluations carried out for corn in the first year were mass of one thousand grains and productivity, and evaluated the productivity of soybean in succession. In the second year were evaluated height of insertion of the cob, height of plants, diameter of stem, weight of a thousand grains, and productivity of grains for corn and productivity of soybean in succession. Evaluations were performed in the soybean culture only for experiments 1 and 3. For the maize culture, the variables plant height and thatch diameter were observed that there was no effect of the dose increase for the characteristics evaluated, while for the experiments in which the application stages were tested (2 and 4), the applications in V6 corresponded in lower results for thatch diameter.

Keywords: urea, management, nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

O milho está entre as principais culturas de interesse econômico no mundo. No Brasil geralmente em algumas regiões seu cultivo é realizado em primeira safra (safra verão), no entanto grande parte é cultivado em segunda safra posteriormente ao cultivo da soja. A adoção desse modelo foi possível por meio de vários fatores, como, implantação do plantio direto, sistema em que não há revolvimento do solo, o qual apresenta diversos benefícios como diminuição do intervalo entre os cultivos, maior eficiência no armazenamento de água pela preservação da estrutura do solo e diminuição dos processos erosivos, o que reflete em maior disponibilidade hídrica para a cultura.

Os programas de melhoramento genético desenvolveram híbridos de arquitetura moderna, com: folhas mais eretas, porte alto e com maior interceptação solar pela folha. Também foram incorporadas tecnologias que conferem tolerância e resistência às pragas, doenças e herbicidas, para o manejo de plantas daninhas de difícil controle. Esses e outros fatores fazem com que a cultura se sobressaia frente as adversidades bióticas e abióticas.

Apesar dos grandes avanços no cultivo de milho de segunda safra, é imprescindível, que além dos tratamentos culturais para a proteção das plantas, também deve-se atentar ao correto fornecimento dos nutrientes para a cultura considerando seus níveis no solo e a necessidade da planta. Dentre os nutrientes necessários para cultura do milho o nitrogênio (N) é o macronutriente exigido em maior quantidade a cultura, e sua deficiência pode causar grande queda de produtividade, uma vez que atua em funções no metabolismo da planta, influenciando também, na qualidade do produto, em consequência do teor de proteína nos grãos.

O conhecimento do sistema de cultivo, como clima, solo, matéria orgânica, e híbrido é essencial para a escolha dos produtos que serão utilizados nas próximas culturas. Pois todos os fatores citados podem interferir na eficiência dos produtos utilizados sobre a cultura, principalmente quando se refere a demanda nutricional da cultura implantada. Exemplos práticos podem ser encontrados quando as doses de N aplicados no sistema não se igualam a quantidade exportada pela cultura, não suprimindo essa demanda nutricional. Sendo assim, é necessário entender melhor o posicionamento da adubação de N na cultura do milho e como nas culturas antecessoras.

O balanço negativo do nitrogênio no sistema ocorre devido o suprimento parcial por meio da mineralização da palhada da cultura anterior e depende da cultura anterior implantada,

como por exemplo: milho, soja e plantas de cobertura. Por outro lado, após o cultivo do milho segunda safra torna-se necessário entender qual o impacto do manejo realizado, para a próxima cultura, principalmente a soja, que é considerada a cultura mais cultivada em sucessão ao milho.

As doses de N aplicadas no milho podem interferir na produtividade da soja subsequente. Tradicionalmente utiliza-se a ureia como fonte de nitrogênio devido ao seu baixo custo, alta concentração (45%), e a praticidade de aplicação. Todavia, devido as adversidades climáticas, podem ocorrer grandes perdas de N para atmosfera, por meio do processo de volatilização, em que a ureia é convertida e a amônia diminui a quantidade no nutriente disponível para as plantas, intensificando a emissão de gases com efeito estufa na atmosfera.

Empresas e instituições de pesquisas trabalham no desenvolvimento de fontes, que minimizem esse efeito, aumentando a eficiência com a diminuição de perdas. Essas tecnologias variam desde revestimento da própria ureia com inibidores da enzima urease, que é a responsável pela transformação de ureia para amônia, até fontes compostas por outras formas de nitrogênio, por exemplo o nitrato de amônia.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes fontes, doses e estádios de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho cultivado, em segunda safra, bem como, o efeito sobre a produtividade da soja subsequente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do milho desempenha importante papel nas exportações brasileiras sendo uma das commodities agrícolas de maior importância no cenário nacional. A região do cerrado é uma das grandes responsáveis pelo crescimento da produção do milho safrinha como cultura subsequente à safra da soja. Segundo Conab (2020), a produção nacional de milho em segunda safra 2019/20 foi de 75.053,2 mil toneladas, produção que corresponde 34,2% a mais que o milho cultivado, em primeira safra no mesmo ano.

Um dos aspectos relevantes que favorece o crescimento da produção de grãos é a evolução de práticas adotadas pelos agricultores, como: manutenção de palhada, mecanização, manejo fitossanitário, melhoramento genético, posicionamento dos insumos e práticas mais

eficazes de correção dos solos e adubação dos plantios, que maximizem a expressão do potencial genético dos híbridos (Kluthcouski, 1998).

Mesmo com os avanços tecnológicos, os cultivos de milho ainda demandam grande volume de fertilizante durante o ciclo, principalmente em ambiente de clima tropical, como no cerrado brasileiro, para o perfeito suprimento das exigências nutricionais da cultura (Anastacio, 2018). Estas exigências diferem quanto à extração de nutrientes e à remobilização destes dos diferentes órgãos da planta para os grãos (Vanconcellos et al., 1998).

Assim, torna-se necessário que as adubações com fornecimento de macro e micronutrientes estejam em consonância com a demanda da cultura buscando níveis ótimos de: produtividade, lucratividade e conservação ambiental. Via de regra, o nitrogênio é o macronutriente mais requerido pelo milho (Valderrama et al., 2011). A quantidade a ser extraída depende muito da produtividade almejada, sendo que, em geral, quanto maior a expectativa de produtividade, maior deve ser a dose empregada na adubação. Porém, são sempre necessários estudos para melhor definir a dose de máxima resposta do milho à aplicação de N, considerando-se os condicionantes edafoclimáticos e de manejo locais (Silva, 2016).

2.1 Nitrogênio no sistema produtivo soja/milho

O cultivo de milho em segunda safra se tornou prática comum nacionalmente, e com isso o entendimento das particularidades do sistema de cultivo torna-se imprescindível. Mesmo sendo cultivado em segunda safra, a produtividade vem aumentando a cada ano, com exceções em anos atípicos, com distribuição pluvial irregular.

Nesse sentido, a produtividade obtida é uma das observações importantes, visto que quanto maior a produtividade maior será a retirada do nutriente do solo (extração). Resende et al. (2019), mostram que para cada tonelada de grãos colhidos retira-se aproximadamente 14 kg ha⁻¹ de N, ou seja, para uma produtividade de 8400 kg ha⁻¹ estima-se que serão retirados 117,6 kg ha⁻¹ de N. No entanto, para o milho cultivado após soja, observa-se que, os valores de N aplicados na cultura nem sempre suprem a totalidade exportada nos grãos.

A continuidade do atual sistema de cultivo (milho em sucessão a soja), com balanço negativo de nitrogênio, ocorre por considerar que o sistema supre parte do nutriente - N proveniente da cultura antecessora (soja). Uma vez que, a soja é uma leguminosa que fixa nitrogênio, em que alguns gêneros de bactérias são capazes de capturar o nitrogênio presente

no ar e convertendo em N assimilável pelas plantas. A planta tem capacidade de fornecer aos rizóbios fontes de carbono e o ambiente favorável a fixação de N₂.

Abreu et al. (2011), ao analisarem a palhada de soja observaram valor de 6,62 g de N por kg. Segundo Resende et al. (2019), cerca de 78 kg de N extraídos por tonelada de material colhido. Desse total, 54 kg são exportados no grão, resultando em saldo residual de 24 kg de N por tonelada no sistema.

É importante ressaltar que esses valores podem mudar de acordo com as cultivares analisadas e os critérios utilizados para análise, como por exemplo, o estágio de amostragem de matéria seca. Em alguns estádios a planta apresenta maior absorção de nutrientes, devido a relação fonte-dreno ser dinâmica e alterar durante o ciclo das plantas. Assim, essa quantidade de nutrientes vai mudando.

Ao avaliar diferentes componentes vegetativos em plantas de soja, Liu et al. (2015) demonstram que caules, raízes e folhas apresentam valores respectivos de relações C/N de 98, 74 e 23. Com isso pode-se relatar que mesmo com saldo positivo para o sistema é importante saber que nem todo o nitrogênio da palhada da soja será disponibilizado após a senescência da planta, podendo permanecer não disponível até que essa palha seja mineralizada.

Desse modo, os resultados obtidos pela aplicação de nitrogênio em milho são variados. No trabalho realizado por Rambo et al. (2008), conduzido por dois anos, com doses variando de 0 a 300 kg ha⁻¹ foram observadas diferentes respostas, para se atingir o melhor resultado. Desse modo, no primeiro ano houve resposta até 224 kg ha⁻¹ e no segundo ano a resposta foi até 300 kg ha⁻¹ de N.

Os resultados foram justificados pelo autor devido a maior quantidade de palha proveniente do cultivo de aveia-preta, no intervalo entre os cultivos (primeiro e segundo ano), resultando em maior imobilização de N mineral, fazendo a necessidade de aplicações de maiores doses. Todavia, observa-se mais uma vez que as diferentes respostas podem variar em função ao modelo de cultivo implantado.

Sousa Netto et al. (2021), aplicaram N no sulco de plantio e superficial, com doses variando de 0 a 180 kg ha⁻¹ de N, e não observaram efeito do modo de aplicação. Acredita-se que esse comportamento seja devido ao teor de matéria orgânica (2,5%), visto que o revolvimento do solo pode ter promovido sua mineralização acarretando no suprimento de N na fase inicial da cultura, mesmo com as aplicações realizadas em V7. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram efeito linear da dose de N em: altura de planta, diâmetro de colmo e produtividade.

Os resultados apresentados acima, mostram que as respostas ao uso do nitrogênio são variadas necessitando assim, de um estudo de caso conforme as particularidades de cada área e região, pois as respostas ao nitrogênio na cultura do milho diferem em função ao histórico de culturas implantadas anteriormente na área, ou seja, ao histórico de plantio. Por outro lado, encontram-se poucos trabalhos sobre o manejo da adubação nitrogenada no milho e as influências desse manejo nas culturas implantas posteriores ao milho.

Caioni et al. (2017), em seu experimento, realizado em área irrigada, solo com 2,3% de matéria orgânica apresenta claramente o efeito de doses de nitrogênio sobre: altura de plantas, acúmulo foliar de N e produtividade de grãos, com resposta linear, até a dose de 180 kg ha⁻¹. A produtividade variou de aproximadamente 2900 kg ha⁻¹, com a menor dose, até 3500 kg ha⁻¹, para a maior dose de nitrogênio aplicada no milho. Sendo assim, torna-se necessário a realização de trabalhos, em diversas condições de solo e ambientes de produção caracterizando os efeitos do manejo de nitrogênio utilizado no milho e seus efeitos na cultura da soja subsequente.

2.2 Fontes de nitrogênio

Segundo Frazão (2014), a ureia é a fonte mais utilizada para adubação nitrogenada na cultura do milho, devido ao menor custo relativo do nutriente, já que apresenta maior concentração de nitrogênio (em torno 45%), favorecendo a redução do seu custo (Civardi et al., 2011).

Ao se observar as características dessa fonte e os efeitos da sua aplicação nas lavouras, tem-se que as perdas de nitrogênio podem chegar a patamares de 30% com a aplicação na superfície do solo, em sistema de preparo convencional (Civardi et al., 2011). Em trabalhos mais antigos, nas mesmas condições de cultivo, Cabezas et al. (1997), apontaram perdas de N-NH₃ de 31%, com decréscimo de 11,8 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos de milho, para cada quilograma de N volatilizado.

Esse efeito também é encontrado no plantio direto, sistema em que não há revolvimento do solo e incorporação mecânica dos fertilizantes, prevalecendo à aplicação do N à lanço sobre a superfície do solo. Assim, a volatilização de amônia é aumentada pela presença de resíduos, que ampliam a atividade da enzima urease (Silva et al., 2005).

Estudos mostram que o fenômeno da volatilização pode ser pequeno, promovendo perdas de nitrogênio, que variam de 1 a 15 % (Sangoi et al., 2003; Cantarella et al., 2008; SanzCobena et al., 2008), ou alcançam valores extremamente altos, maiores que 50 % do N

aplicado (Cabezas et al., 2000; Sangoi et al., 2003; Rochette et al., 2009). A maior perda relacionada à adubação nitrogenada advém da transformação do nitrogênio no fertilizante para amônia (NH₃), que volatiliza intensamente no campo.

Este processo é desencadeado em resposta às condições edafoclimáticas, que envolvem fatores ambientais como: umidade, temperatura, velocidade do vento, e fatores do solo, como classes texturais, pH, capacidade de troca de cátions (CTC), poder tampão e teor de argila. As fontes de nitrogênio e o tipo de manejo adotado no sistema produtivo, também são citados como interferentes para a volatilização do nutriente (Bouwmeester et al., 1985; Tasca et al., 2011). Em suma, todas estas condições apresentarão efeitos de potencialização ou mitigação na ação da enzima urease, responsável pela transformação da ureia em NH₃.

Resumidamente, o processo de perdas de N se inicia com aplicação da ureia [CO(NH₂)₂] sobre o solo. Em condições de alta umidade e alta temperatura, o processo se intensifica, pois acontece a hidrólise da molécula, mediada pela enzima urease, que transforma ureia em carbonato de amônio [CO(NH₂)₂ + 2H₂O → (NH₄)₂CO₃]. Este primeiro produto se decompõe rapidamente, resultando na formação de amônio, bicarbonato e hidroxila [(NH₄)₂CO₃ + H₂O → 2NH₄⁺ + OH⁻ + HCO₃⁻], o que implica na elevação do pH ao redor dos grânulos do fertilizante (Ernani et al., 2001; Rochette et al., 2009). Parte do amônio é transformado em amônia ocorrendo a volatilização, favorecendo a perda desta, para atmosfera. Kissel et al. (1988), relataram aumento maior que duas unidades de pH, ao redor do grânulo de ureia em apenas três dias de aplicação.

Ao se tratar das condições para à aplicação da ureia a fim de melhorar a eficiência no uso do nitrogênio, solos úmidos e alta temperatura são condições, que proporcionam maior porcentagem de perda. A melhor condição para evitar a perda seria à aplicação em solo seco (Cabezas et al., 1997) com temperaturas amenas e posterior incorporação via água ou mecânica. A respeito da profundidade de incorporação, em trabalhos realizados por Terman, (1980), a ureia quando localizada a 3,8 cm de profundidade teve somente 6% de perdas, em contrapartida quando aplicada na superfície do solo, esse valor foi de 16%.

É importante salientar que quando a incorporação ocorre via água, sendo da chuva ou irrigação, é necessária uma quantidade mínima de precipitação. Chuvas de baixas intensidades ou baixas lâminas de irrigação, podem induzir a ação da enzima e promover a hidrólise não havendo a incorporação no perfil no solo, acarretando perdas mesmo quando a aplicação é feita em solo seco (Cabezas et al., 1997). Por outro lado, a temperatura do solo também pode imprimir efeito sobre a volatilização da NH₃. Em temperaturas mais altas, a taxa de volatilização é aumentada, variando de 6 a 25%, com alteração de temperatura entre 7 a 32°C

(Terman, 1980). De modo semelhante, os resultados de Hutchings et al. (1991), mostraram comportamento linear das perdas de nitrogênio, com o aumento de temperatura variando de 15 a 25°C.

Como abordado anteriormente, o principal motivo de perdas de eficiência da adubação nitrogenada, por meio da aplicação de ureia consiste na sua conversão para NH_3 . Sabendo disso várias tecnologias estão sendo testadas para minimizar esse efeito, garantindo maior aproveitamento do nitrogênio aportado pela aplicação. Dentre essas tecnologias, o tratamento dos grânulos de ureia com inibidores de NBPT (N-(nbutil) tiofosfórico triamida) é comumente utilizado e tem mostrado resultados satisfatórios, (Cabezas; Korndorfer; Motta, 1997). O uso dessa tecnologia aumentou globalmente a partir dos anos de 2006 e 2016 (Ramspacher, 2017).

Essa molécula atua reduzindo a ação da enzima urease, fazendo com que o processo de hidrólise ocorra lentamente diminuindo as perdas do nitrogênio, por volatilização e elevando a possibilidade da incorporação pela chuva (Watson, 2000). O tratamento com NBPT reduz as perdas de N em média entre 40 a 70% (Abalos et al., 2014).

Todavia é importante salientar que, com o tempo, perdas também podem ocorrer da mesma forma, que acontece com a ureia sem tratamento (Cantarella et al., 2008). Sendo assim, é importante ter as devidas precauções, pois o aumento da eficiência é proveniente de uma curta proteção (Lima et al., 2018). Cantarella et al. (2003), constataram intervalo de inibição de 3 a 7 dias; após esse período, o efeito do NBPT perde gradativamente seu efeito.

Cantarella et al., (2018), verificaram o período de inibição variando de 4 a 14 dias. Essa variação depende de condições de umidade, temperatura e pH do solo. Quando aplicado em solos ácidos, a proteção do tratamento tem menor eficiência (Francisco et al., 2011).

Aplicações de nitrogênio na forma de nitrato de amônio, resultam em uma das estratégias para evitar a grande perda de N, por volatilização, o que ocorre com a ureia. Contudo, empresas vem deixando de comercializar essa forma de fertilizante nitrogenado devido as restrições legais, em função dos riscos de: estocagem, transporte e fabricação de explosivos (Government Of Western Australia, 2013).

Sabendo da problemática, empresas trabalham em estratégias para diminuir os riscos e ter essa fonte como uma opção a mais para aportar nitrogênio ao sistema. Exemplo dessa estratégia é o YaraBella (CAN) que é uma mistura de nitrato de amônio com cálcio e magnésio, o que torna o produto menos reativo. No entanto mesmo tendo as vantagens de apresentar menor processo de volatilização o nitrato de amônio pode ocorrer perdas por lixiviação, o que pode interferir na produtividade das culturas.

A perda do nitrato (NO_3^-) ocorre por meio da sua descida no perfil do solo, atingindo profundidades, onde o elemento sai na zona de absorção do sistema radicular das plantas (Grizzetti; Bouraoui, 2011). No caso de culturas que não realizam fixação biológica de nitrogênio (FBN), ou realizam em pequenas quantidades, torna-se imprescindível, o entendimento e minimização da lixiviação, pois mesmo com o processo de mineralização da matéria orgânicas, a maior parte do nitrogênio absorvido será via fertilizantes.

O nitrogênio em forma de NO_3^- geralmente está presente em solos aerados devido a nitrificação relativamente rápida, e adição por meio da aplicação de fertilizantes, a base de nitrato aumentando seu acúmulo. O NO_3^- tem a característica de ser altamente solúvel e pouco retido pelas partículas de solo (Cameron et al., 2013).

Por ser um composto de carga negativa ele tende a se mover com facilidade no solo com a água, principalmente, em períodos de excesso de chuva ou lâminas de irrigação mal dimensionadas, ficando assim, em quantidades insuficientes para suprir a necessidade nutricional da planta.

Nesse contexto, a concentração de NO_3^- da solução é alterada também pela remoção realizada pelas culturas e da taxa de nitrificação, desnitrificação, mineralização e imobilização, bem como a capacidade que esse solo tem em reter ânions (CTA). Todavia o fluxo de transporte de soluto é alterado de acordo com a porosidade, textura do solo e com o nível de água no mesmo (Cameron et al., 2013).

Trabalhos realizados por Coelho et al. (2007), mostram o comportamento do NO_3^- e sua interação com as diferentes classes de agregados (capacidade de lixiviação conforme o tamanho do agregado). Nesse trabalho ao realizar consecutivas eluições nos recipientes, os teores de NO_3^- encontrados na solução coletada foram aumentando, o que comprova o alto poder de lixiviação do nitrato.

No entanto quando analisados em agregados menores foram observados menores valores de NO_3^- na solução coletada, fator que pode relacionar-se com a maior capacidade de retenção de solutos, pelos menores agregados, condicionando assim, um ambiente interno anaeróbico, induzindo a desnitrificação. Beauchamp et al., (1990); Lensi et al. (1995), verificaram menor tensão de O_2 nos microporos e, conseqüentemente maiores populações de microrganismos desnitrificadores em agregados menores.

Nota-se que a dinâmica do nitrogênio depende da ação de microrganismos, sendo importante o conhecimento sobre as transformações e os efeitos práticos ocasionados por eles. Tudo isso influenciará no aproveitamento do nitrogênio pela planta. Exemplo disso ocorre com a aplicação de fertilizantes compostos pelo íon amônio (NH_4^+), que pode ser rapidamente

oxidado para a forma nítrica, em solos que favoreçam o desenvolvimento de bactérias dos gêneros Nitrosomonas, Nitrosolobus, Nitrospira e Nitrobacter (Muirhead et al., 1985).

O íon NH_4^+ é menos lixiviado que o íon NO_3^- , por ser adsorvido por cargas negativas do solo. O potencial de perdas pode aumentar, quando as aplicações coincidem com períodos em que, a planta não tem volume de raiz suficiente para absorção. Comportamento diferente ocorre quando as plantas possuem sistema radicular robusto com máxima capacidade de absorção (Shepherd et al., 2001). Para tanto, é importante ressaltar que o perfil do solo deve ter condições favoráveis, para o desenvolvimento das raízes, não comprometendo o máximo aproveitamento dessa fonte de nitrogênio (NO_3^-).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos no Centro de Inovação e Tecnologia – CIT GAPES, localizado nas coordenadas $17^\circ 52.111'$ S de latitude e $50^\circ 55.619'$ W de longitude, a 735 metros de altitude, no período da segunda safra (safrinha), por dois anos (2019/2020 e 2020/2021) repetindo os tratamentos nas mesmas parcelas do início da condução. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, enquadra-se na tipologia Aw caracterizada por região de clima tropical, com estação seca de inverno.

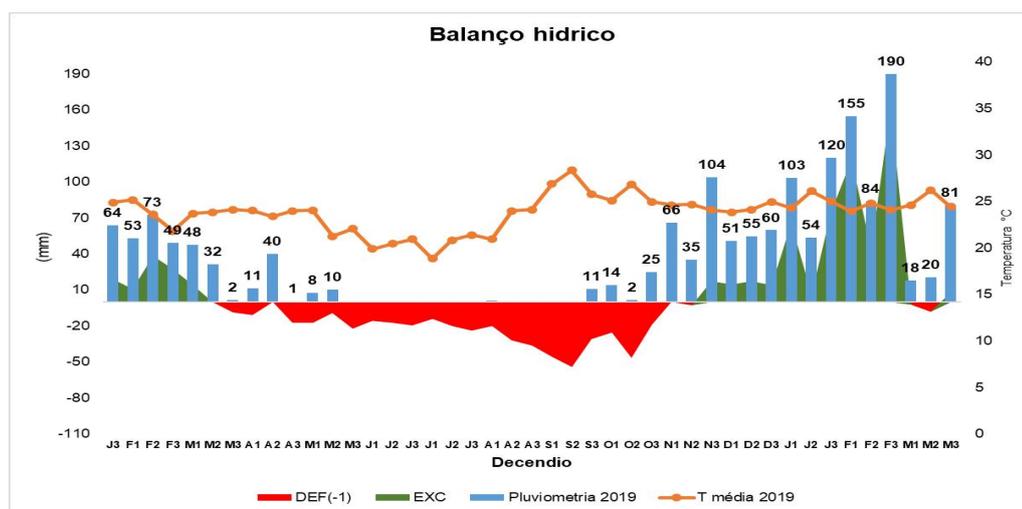


Figura 1 - Balanço hídrico referente ao primeiro ano de condução dos experimentos de primeira e segunda etapa de plantio do milho, em segunda safra, no centro de inovação tecnológica-GAPES 2019.

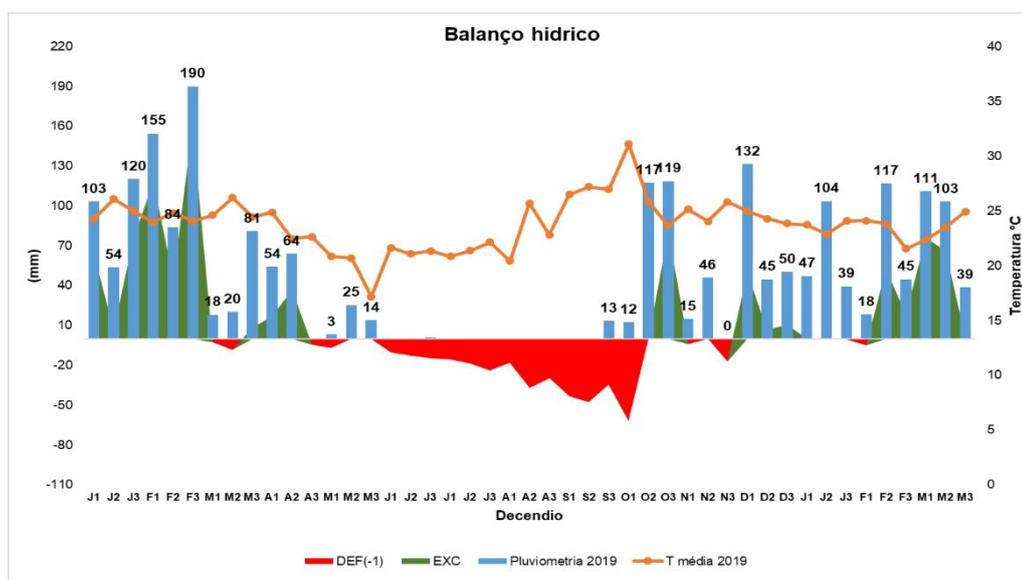


Figura 2 - Balanço hídrico referente ao segundo ano de condução dos experimentos de primeira e segunda etapa de plantio do milho, em segunda safra, no centro de inovação tecnológica-GAPES 2020.

O solo utilizado para os quatro experimentos é classificado como Latossolo Vermelho escuro, com texturas argilosa e areno-argilosa (Viana; Neto Gontijo, 2016), e apresentava teor de argila de 42%, silte 7% e areia 51% sendo considerado de textura franco argilosa. Os experimentos foram divididos em duas etapas de semeadura: sendo semeadura antecipada, realizada no primeiro ano no dia 29 de janeiro de 2019 e no segundo ano, em 18 de fevereiro de 2020 e semeadura tardia, no primeiro ano em 05 de março de 2019 e no segundo em 03 de março de 2020.

A semeadura foi realizada por plantio direto, o delineamento experimental utilizado para os quatro experimentos foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com parcelas de 4 m de largura e 6 m de comprimento. A área útil das parcelas foi de 1 metro de largura (duas linhas centrais) e 4 m de comprimento (descarte de 1 m das extremidades). As descrições dos experimentos de cada etapa estão relatadas a seguir.

3.1 Primeira etapa: semeadura antecipada

Os dois experimentos avaliados na primeira etapa foram semeados, em 29 de janeiro de 2019 e 18 de fevereiro de 2020. Os resultados da análise de solo para caracterização química estão apresentados na Tabela 1. Para as correções do solo, utilizou-se fontes de:

fósforo, potássio sem nitrogênio, em sua composição, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente foram recomendadas com base na análise de solo.

Tabela 1 - Resultado da análise de solo (0-20 cm), no início da condução dos experimentos com plantio na primeira etapa de milho safrinha, no centro de inovação tecnológica-GAPES. Rio Verde (2019)

pH	MO	P Meh	K	Ca	Mg	Al	H+Al
CaCl ₂	g. dm ⁻³	mg. dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
4,7	30,9	6,10	0,11	3,61	0,66	0,06	4,40
T	V	S	Zn	Cu	Mn	Fe	Na
---	---	---	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
8,80	50,00	31,40	1,10	2,30	48,60	49,60	1,90

Experimento 1: disposto em esquema fatorial, com um tratamento adicional (3 x 3 + 1), o primeiro fator constituído por 3 fontes de nitrogênio (N), sendo elas: ureia, ureia com inibidor de urease (NBPT), com o intuito de diminuir a atividade da urease, e como consequência, retardando a hidrólise da ureia e o pico de volatilização, o que minimiza a NH₃ volatilizada (Tasca et al., 2011) e tendo bons resultados no rendimento da cultura (Cantarella; Marcelino, 2007) e CAN, composto pela combinação de nitrogênio nítrico e amoniacal, além de cálcio e magnésio. A aplicação foi realizada no estágio V3 da cultura. O segundo fator foi constituído por três doses de N (60; 90 e 120 kg ha⁻¹), mais o tratamento adicional (sem aplicação de N).

Experimento 2: disposto em esquema fatorial com um tratamento adicional (3 x 4 + 1), sendo o primeiro fator constituído por 3 fontes de nitrogênio (N), (ureia, ureia com inibidor de urease NBPT e CAN) combinados com quatro épocas de aplicações: N na semeadura (NS), V3, V6 e NS +V3. Para todos os estádios foi aplicada a dose de 120 kg ha⁻¹, independente da fonte utilizada.

3.2 Segunda etapa: semeadura tardia

Para os experimentos 3 e 4 no primeiro ano, a data de semeadura foi em 05 de março de 2019 e no segundo ano, dia 03 de março de 2020. De posse dos resultados da análise de solo (Tabela 2) foram realizadas as correções, utilizando-se fontes de: fósforo, potássio sem nitrogênio, em sua composição, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 2 - Resultado da análise de solo (0-20cm), no início da condução dos experimentos com plantio em segunda etapa de milho safrinha, no centro de inovação tecnológica-GAPES. Rio verde (2019)

pH	MO	P Meh	K	Ca	Mg	Al	H+Al
CaCl ₂	g. dm ⁻³	mg. dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
4,70	26,50	6,20	0,09	2,07	0,46	0,08	6,10
T	V	S	Zn	Cu	Mn	Fe	Na
---	---	---	-----mg. dm ⁻³ -----				
8,70	30,10	18,50	1,0	2,10	38	40,90	1,80

Experimento 3: foi implantado em esquema fatorial com um tratamento adicional (3 x 3 + 1), sendo o primeiro fator constituído por 3 fontes de nitrogênio (N) (ureia, ureia com inibidor de urease e nitrato de amônio), todos com aplicações feitas no estágio fenológico V3 do milho. O segundo fator foi constituído por três doses de N (30; 60 e 90 kg ha⁻¹), mais o tratamento adicional (sem aplicação de N).

Experimento 4: disposto em esquema fatorial com um tratamento adicional (3 x 4 + 1), sendo o primeiro fator constituído por 3 fontes de nitrogênio (N), (ureia, ureia com inibidor de urease NBPT e CAN) combinados com quatro épocas de aplicações: N na semeadura (NS), V3, V6 e NS +V3. Para as aplicações realizadas de uma só vez foi utilizada a dose de 90 kg ha⁻¹ de N, e no parcelamento aplicou-se 30kg ha⁻¹ em cada aplicação totalizando 60kg ha⁻¹.

Devido à baixa resposta de plantio na segunda etapa de safrinha a dose parcelada foi diminuída. No tratamento que houve o parcelamento (NS+V6) aplicou-se 33% menos visando a maior chance de aproveitamento, em dois momentos de aplicação, e a baixa reposta ao N nestas condições de cultivo de plantios tardios, o híbrido de milho utilizado foi 3898. As avaliações realizadas no milho para todos os experimentos no primeiro ano de condução foram: a) peso de mil grãos, em que realizou a contagem e posteriormente foi pesado, descontando a umidade b) produtividade de grãos, onde se colheu a área útil (descartando 1 m de cada lado), realizou-se a trilhagem e pesagem das parcelas, descontando a umidade, e convertendo em hectares

E no segundo ano foram: a) altura de plantas, realizada com régua graduada medindo-se a partir do colo da planta até a última folha; b) diâmetro do colmo, com auxílio de paquímetro, medindo o segundo nó acima do nível do solo; c) altura de inserção de espiga, com uma trena rígida foi medido do nível do solo até onde a espiga estava inserida na planta, todas mensuradas no estágio R3; d) massa de mil grãos, e f) produtividade em kg ha⁻¹, essas

realizadas da mesma forma que no ano anterior. As duas últimas variáveis foram realizadas com umidade dos grãos corrigida para 13%.

Apenas para os experimentos em que se testou fontes e doses de nitrogênio, após o cultivo do milho foi implantada a cultura da soja sobre as mesmas unidades experimentais dos experimentos. A variedade de soja utilizada foi a FOCO. Na cultura da soja foi avaliada a produtividade de grãos com umidade corrigida para 13%.

Por fim, todos os dados foram submetidos à análise de variância, com uso do programa estatístico Assistat (Silva; Azevedo, 2002). Quando comprovada diferenças entre os tratamentos empregou-se análise de regressão para os dados quantitativos, e para as variáveis qualitativas foi aplicado o teste de Tukey, com significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Influência das fontes e doses de adubação nitrogenada no desempenho do milho e da soja em sucessão

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 3), o experimento 1 conduzido em 2019/2020, testando diferentes fontes e doses de nitrogênio (N) apresentou efeito apenas em massa de mil grãos, para o fator fonte não havendo diferença em produtividade de milho e soja cultivados em sucessão.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para peso de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 1), Rio Verde, GO, 2019

FV	F calculado			
	GI	MMG	Prod milho	Prod soja
Fonte	2	5,947*	0,198 ^{ns}	1,055 ^{ns}
Dose	2	1,924 ^{ns}	0,188 ^{ns}	1,056 ^{ns}
Fonte x Dose	4	1,200 ^{ns}	0,414 ^{ns}	0,592 ^{ns}
Fatores vs Controle	1	8,474*	0,005 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Erro	27	-	-	-
CV (%)		3,65	14,19	11,19
Fontes	Doses			Média
	60	90	120	
	MMG milho (g)			
Ureia	342,7	363,7	359,3	355,2b
Ureia com NBPT	356,9	352,0	367,0	358,6b
CAN	369,8	374,0	374,3	372,7a
Média	356,5	363,2	366,9	362,2
Controle	341,3			
	Prod milho (kg ha⁻¹)			
Ureia	10327	10487	10858	10557a
Ureia com NBPT	10896	9521	10197	10205a
CAN	10446	10624	10446	10505a
Média	10556	10211	10500	10422
Controle	10481,1			
	Prod soja (kg ha⁻¹)			
Ureia	3885	4235	4328	4149a
Ureia com NBPT	4413	4280	4297	4330a
CAN	3775	4142	4254	4057a
Média	4024	4219	4293	4179
Controle	4197,2			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p < 0,05$). NBPT: N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

Para massa de mil grãos não foi observado influência da dose de nitrogênio aplicada. Houve efeito apenas quando comparadas as médias entre as fontes. O produto CAN se diferenciou estatisticamente dos outros produtos testados (ureia e ureia com NBPT), com maior massa de grãos. Resultado que pode ser explicado pela presença de 4% de Ca e 2% de Mg no produto, além do nitrato de amônio, que de certa forma pode ter contribuído para o aumento de peso entre as médias.

Ao observar a análise de solo nota-se que, os teores de Ca e Mg eram de $3,61 \text{ mg dm}^{-3}$ e $0,66 \text{ mg dm}^{-3}$, ambos na faixa intermediária de suficiência, conforme Sousa e Lobato (2004). Nesse sentido, apesar da aplicação de calcário no início do período chuvoso, esses aportes via fonte nitrogenada podem ter contribuído para o resultado. Esses resultado corrobora com os observador por Queiroz et al. (2011), trabalhando em solo com teor inicial de matéria orgânica de 2,17%, com ureia e nitrato de amônio, sem adição de outros nutrientes, não observou-se influência das fontes aplicadas em massa de mil grãos.

Mesmo com diferença estatística para massa de mil grãos, não foram observadas diferenças entre fontes e doses para produtividade de milho. Resultados semelhantes para variável massa de grãos em experimento com diferentes fontes foram obtidos por Soratto et al. (2011), ao avaliarem seus efeitos em solo arenoso, com teor inicial de matéria orgânica de 1,76%. Porém, nesse mesmo trabalho teve-se efeito positivo à aplicação de nitrogênio para produtividade, juntamente com outros fatores, o que difere dos resultados obtidos no primeiro ano de condução desta pesquisa.

Ao observar os dados do balanço hídrico (Figura 1), no segundo e terceiro decêndio de fevereiro (F2/F3), correspondente ao período de aplicação dos tratamentos, no estádio V3 da planta de milho, nota-se que, o índice pluviométrico não foi fator limitante para o desenvolvimento da cultura e para a eficiência das fontes de nitrogênio aplicadas. Sendo assim, as condições para aproveitamento do N provenientes das fontes Ureia e Ureia com inibidor de urease permitiram que não houvesse diferença entre as produtividades de milho.

Outro fator que pode ter interferido nessa resposta é o teor inicial de matéria orgânica no solo (3,09%) considerada como média adequada (Sousa e Lobato, 2006). A mineralização de parte da matéria orgânica pode ter disponibilizado nitrogênio para a cultura. Para a cultura da soja também não foi observado efeito dos tratamentos realizados no milho cultivado anteriormente. Esses resultados já eram esperados devido a não resposta do milho e ao alto nível de matéria orgânica do solo como abordado anteriormente e ao fato de que a soja realiza a fixação biológica do nitrogênio.

Caioni et al. (2017), testando doses de N que variaram de 0 a 180 kg ha^{-1} aplicadas no milho em área irrigada e solos com teor de matéria orgânica de 2,3% obtiveram resposta linear conforme a dose era aumentada, atingindo produtividade de 3.593 kg ha^{-1} de soja cultivada subsequente na maior dose de nitrogênio.

Segundo os resultados apresentados na Tabela 4, referentes ao experimento 1 conduzido em 2020/2021 houve efeito significativo dos tratamentos para a produtividade de

milho e soja, não tendo efeito para altura de inserção de: espiga, altura de planta, diâmetro de colmo e massa de mil grãos.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na primeira etapa do milho, em segunda safra (experimento 1), CIT - GAPES, 2020, Rio Verde, GO

FV	F calculado						
	GL	AE	AP	DC	MMG	Prod. milho	Prod. soja
Fonte	2	1,852 ^{ns}	3,218 ^{ns}	0,844 ^{ns}	1,351 ^{ns}	8,095 ^{**}	0,205 ^{ns}
Dose	2	2,256 ^{ns}	0,634 ^{ns}	0,236 ^{ns}	0,501 ^{ns}	45,610 ^{***}	4,806 [*]
Fonte x Dose	4	2,675 ^{ns}	1,027 ^{ns}	2,399 ^{ns}	0,0174 [*]	1,393 ^{ns}	0,771 ^{ns}
Fatores vs Controle	1	1,677 ^{ns}	12,106 ^{**}	17,625 ^{**}	1,928 ^{ns}	42,535	3,40 ^{ns}
Erro	27	-	-	-	-	-	-
CV (%)		3,02	2,02	5,49	5,99	3,20	11,48

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

Tabela 5 - Teste de média para altura de inserção da espiga, altura de planta, diâmetro de colmo, massa de mil grãos, produtividade de milho e soja, referentes à condução na primeira etapa do milho, em segunda safra (experimento 1), CIT - GAPES, 2020, Rio Verde, GO

Fontes	Doses			Média
	60	90	120	
Altura de inserção espiga milho (m)				
Ureia	1,26	1,20	1,19	1,22
Ureia com NBPT	1,21	1,21	1,26	1,23
CAN	1,22	1,18	1,20	1,20
Média	1,23	1,20	1,22	1,21
Controle	1,19			
Altura de plantas milho (m)				
Ureia	2,53	2,54	2,47	2,51
Ureia com NBPT	2,54	2,56	2,55	2,55
CAN	2,49	2,50	2,51	2,50
Média	2,52	2,54	2,51	2,52
Controle	2,43			
Diâmetro colmo milho (cm)				
Ureia	2,16	2,05	2,03	2,08
Ureia com NBPT	1,96	2,12	1,98	2,02
CAN	2,09	1,99	2,10	2,06
Média	2,07	2,05	2,04	2,05
Controle	1,81			
Massa de mil grãos (g)				
Ureia	313,23	318,74	319,13	315,7
Ureia com NBPT	303,42	303,21	310,86	305,8
CAN	304,72	303,18	312,61	306,8
Média	305,8	308,4	314,2	309,4
Controle	296,38			
Produtividade milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	8599	8668	9689	8985,5b
Ureia com NBPT	8894	8893	9772	9186,3abkklmk
CAN	8842	9442	10105	9462,6a
Média	8778	9000	9855	9211,5
Controle	8208,95			
Produtividade soja (kg ha⁻¹)				
Ureia	3971,2	3884,4	4463,2	4106,3
Ureia com NBPT	3882,6	4279,1	4394,8	4185,5
CAN	3732,6	4430,3	4522,4	4228,4
Média	3862,2	4197,9	4460,1	4173,4
Controle	3712,98			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: N-(n-butil) tiossulfônico triamida – inibidor da urease.

Conforme resultados na Tabela 4 para produtividade de milho houve efeito de fonte e dose. Para a variável produtividade de soja o efeito foi visto apenas para dose. Observa-se diferenças entre as médias de fontes e doses na produtividade do milho (Tabela 5), para as fontes os melhores resultados foram nas médias dos produtos Ureia com NBPT e CAN na produtividade para a cultura do milho, mostrando que as duas fontes nas condições do ano de condução foram capazes de minimizarem as perdas de N. O mesmo foi observado na soja, em que se teve as melhores produtividades no uso das fontes CAN e Ureia NBPT.

Lana et al. (2018), ao avaliarem diferentes tratamentos de ureia com e sem inibidor de urease (NBPT), constataram que, o pico de maior perda do nitrogênio da ureia sem tratamento ocorreu aproximadamente no dia 3, enquanto as perdas para ureia tratada com inibidor ocorreram em maior intensidade no dia 6 do teste. Esses resultados podem variar conforme as condições de temperatura e umidade, solos úmidos e alta temperatura são condições que proporcionam maior porcentagem de perda. No período em que foi realizado as aplicações, o índice pluvial foi de menor intensidade (Figura 1), o que pode ter propiciado ambientes para maiores perdas de N com aplicação da fonte ureia.

As variáveis: altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de colmo e massa de mil grãos não foram modificadas, conforme os tratamentos propostos para o milho, conforme visto na Tabela 5. Soratto et al. (2011), também não obtiveram resultados significativos para as variáveis altura de plantas e massa de mil grãos, corroborando com resultados de Souza et al. (2006), que estudando fontes e doses de N em cobertura para o milho segunda safra, não verificaram efeitos dos tratamentos para essa variável.

Amaral Filho et al. (2005), obtiveram aumento na massa dos grãos com a aplicação de N, em cobertura na cultura do milho. Em contrapartida, no trabalho desenvolvido por Borrás et al. (2001), a massa de mil grãos está entre os componentes menos afetados por variações nas práticas de manejo e adubação.

Como observado na Figura 3, à aplicação de doses de nitrogênio no milho (média das fontes) surtiu efeito na produtividade da cultura a nível de 1% de probabilidade, com resposta linear crescente, até a maior dose de N (120 kg ha^{-1}). Esse comportamento assemelha-se com o trabalho de Besen et al. (2019), em que este obteve incremento de produtividade, até a dose de 300 kg ha^{-1} de ureia, atingindo patamares de produção de $14.436 \text{ kg ha}^{-1}$.

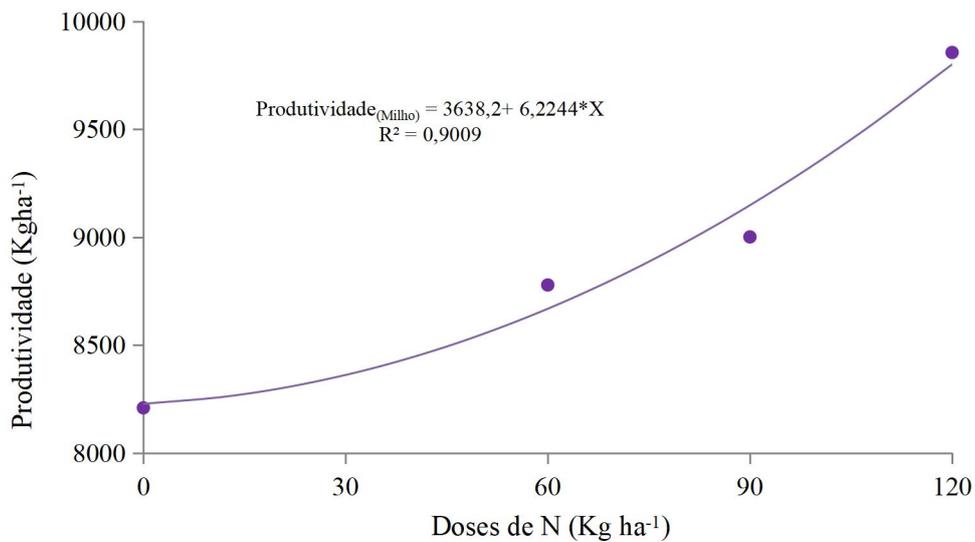


Figura 3 - Produtividade de milho em função das doses de nitrogênio aplicadas, em segunda safra, 2020.

De acordo com Resende et al. (2019), são extraídos 28,4 kg de N para cada tonelada de grãos de milho colhidos e, desses, 14 kg são exportados via grãos. Considerando as produtividades médias entre as diferentes doses (4173,4 kg ha⁻¹) o valor de N exportado seria de em torno de 58,4 kg ha⁻¹. Outro fator a levar em conta é o decréscimo em acúmulo de palha de milho quando aplicadas menores doses de N, já que a planta de milho tem seu crescimento comprometido, ocasionando menor aporte de N para o sistema. Dentre outros fatores, esses podem explicar a resposta da soja cultivada em sucessão, no segundo ano de condução do presente trabalho (Figura 4).

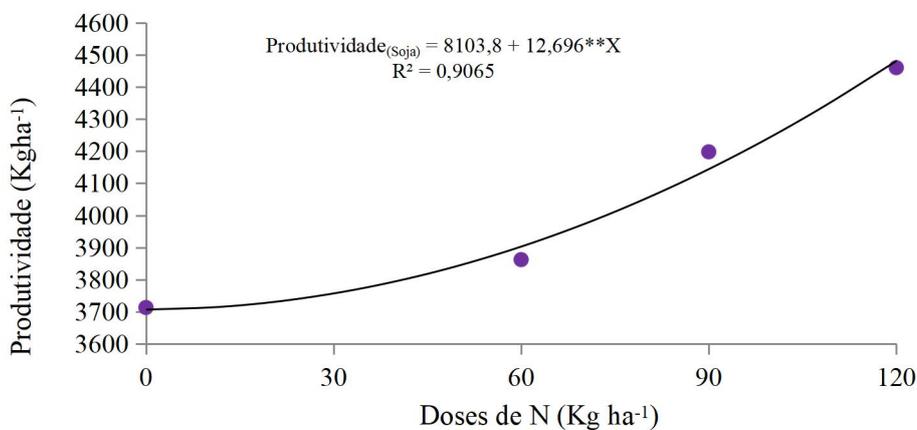


Figura 4 - Produtividade de soja em função das doses de nitrogênio aplicadas no milho, em segunda safra, 2020.

Na soja cultivada em sucessão ao milho 2020, (soja 2020/21) teve-se efeito do fator dose (média das fontes), em relação a sua produtividade, com comportamento crescente até a maior dose de N aplicada. Esse efeito pode estar relacionado ao menor aporte de palha para os tratamentos que receberam menores doses de N na cultura do milho anterior, acarretando menor quantidade de N disponibilizado ao longo do ciclo da soja subsequente, a cada cultivo, exaurindo o estoque de N do solo e MO.

Esse resultado confirma aqueles obtidos por Caioni et al. (2017), que também observaram resposta na soja em sucessão ao milho, com maiores produtividades nas áreas que receberam maiores doses de N. O mesmo autor aborda que este resultado reafirma o efeito residual do N proveniente da degradação da palhada do milho antecessor.

Em estudo sobre o efeito residual do N, Sandini et al. (2011), verificaram que a aplicação de N em pastagem de inverno aumentou de forma linear a produtividade de milho cultivado no verão. Portanto, as produtividades foram inferiores nos tratamentos que não receberam aplicações nitrogenadas no inverno. Segundo os autores, tais resultados dependem da relação entre imobilização e liberação do N, conforme decomposição do material orgânico.

Conforme resultados apresentados no resumo da análise de variância em segunda etapa de plantio, com milho plantado na segunda safra tardiamente (Tabela 6), observa-se que, não houve diferença para massa de mil grãos (MMG) e nem para produtividade do milho (Prod. Milho). No entanto, houve diferença para os fatores fontes e doses para soja cultivada em sucessão ao milho (soja 2019/20).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa de milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2019

FV	F calculado			
	GL	MMG	Prod milho	Prod soja
Fonte	2	0,57 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,02 [*]
Dose	2	0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Fonte x Dose	4	0,59 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Fatores x Controle	1	0,79 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Erro	27			
CV (%)		8,9	12,58	5,27
Fontes	Doses			Média
	30	60	90	
	MMG (g)			
Ureia	299	266	265	276,4
Ureia com NBPT	270	266	263	266,1
CAN	279	280	260	272,8
Média	282	270	263	271,8
Controle	269			
	Prod milho (kg ha⁻¹)			
Ureia	8453	8296	6947	7898,8
Ureia com NBPT	8025	7448	7609	7694,0
CAN	7866	8232	7315	7804,4
Média	8115	7992	7290	7799,1
Controle	6818			
	Prod soja (kg ha⁻¹)			
Ureia	4298	4231	4662	4397,2b
Ureia com NBPT	4640	4439	4587	4555,5 ab
CAN	4773	4541	4768	4694,1 a
Média	4570,7	4404	4672	4548,9
Controle	4347			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \Rightarrow p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: (N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

Observa-se na Tabela 6 que não houve efeito das doses e fontes de N em massa de mil grãos e produtividade do milho cultivado em segunda safra na segunda etapa de plantio. Os resultados são explicados pelas condições climáticas, no período da condução do experimento, que um fator limitando para o crescimento e desenvolvimento da cultura e diminuído o potencial de resposta das doses e fontes de N. A ausência de efeito após aplicação de fontes de nitrogênio também foi encontrada por Kaneko et al. (2015), em relação aos componentes da produção do milho cultivado no verão, independentemente da época de aplicação.

Ao analisar os resultados do balanço hídrico de 2019 (Figura 1), nota-se um decréscimo das chuvas, a partir do primeiro decêndio de março (M1), período de plantio do milho. A partir desse período, o acumulado de chuva foi de apenas 104 mm, com o agravante de distribuição irregular.

Segundo Cruz et al. (2010), a planta de milho pode ser cultivada em ambientes com pluviometria entre 250 a 5000 mm. Entretanto, a quantidade de água consumida pela planta está em torno de 600 mm, o que justifica a baixa resposta do milho às aplicações de nitrogênio no presente trabalho.

Outro aspecto que pode ter contribuído para esse resultado foi o teor de matéria orgânica do solo (MOS) no início da condução do experimento (Tabela 2) que era de 2,65%, considerado médio. Segundo Souza e Soratto (2006), a mineralização de parte dessa MOS pode ter possibilitado aporte de N suprimindo a demanda da cultura, visto o baixo potencial produtivo do milho, devido ao baixo índice pluvial (Figura 2).

Na soja cultivada em sucessão ao milho, a produtividade média onde utilizou-se o produto CAN se mostra superior a ureia e semelhante a Ureia com NBPT (Tabela 6). Esse resultado pode estar relacionado as formas de N contidas no produto CAN (nitrato e amônio) visto que a perda de N não ocorre em grande escala comparado a ureia sem tratamento e ureia tratada com NBPT, deixando um maior residual, devido as baixas produtividades de milho cultivado anteriormente. Comportamento semelhante pode ser observado no trabalho realizado por Rodrigues et al. (2012), que testando diferentes fontes de N em uma lavoura de café observou que, a fonte que proporcionou menor volatilização foi o nitrato de amônio, seguido de ureia tratada com NBPT e ureia sem tratamento.

Por outro lado, a parte do nitrogênio contido na fonte de ureia CAN também pode ser perdido através da descida no perfil do solo, atingindo profundidades em que o elemento sai da zona de absorção do sistema radicular das plantas (Grizzetti; Bouraoui., 2011). Todavia esse fator se torna menos importante devido ao interrompimento do período chuvoso.

O resumo da análise de variância na Tabela 7 apresenta resultados significativos apenas para a produtividade de grãos de milho. Assim, para: altura de inserção de espigas, altura de plantas, diâmetro de colmo, massa de mil grãos e produtividade de soja não foram observados resultados significantes.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo, massa de mil grãos (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa do milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2020

FV	F calculado						
	GL	AE	AP	DC	MMG	Prod. Milho	Prod. soja
Fonte	2	0.57	0.87	0,02	0.05	0.04*	0.66
Dose	2	0.14	0.09	0,03	0.38	0.47	0.10
Fonte x Dose	4	0.59	0.51	0,45	0.72	0.61	0.07
Fatores x Controle	1	0.79	0.06	0,12	0.84	0.25	0.81
Erro	27	-	-	-	-	-	-
CV (%)		8,9	12,58	5,27	10,8	8,95	4,44

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: (N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

De acordo com os valores das médias de produtividade do milho obtidas em função das doses de nitrogênio aplicadas, no segundo ano de plantio, referente a segunda safra 2020, observa-se diferença entre fontes de nitrogênio. Os resultados foram superiores para o produto ureia com NBPT, quando comparado ao produto CAN, sendo ambos semelhantes ao tratamento com aplicação de ureia.

Ao analisar o balanço hídrico referente a segunda safra 2020, pode-se apontar que, as condições pluviométricas próximas a data de plantio e aplicação dos produtos, primeiro e terceiro decêndio de março (M1/M3), estavam favoráveis para o desenvolvimento da cultura e aproveitamento do N proveniente da ureia e ureia com NBPT, havendo a incorporação dessas fontes e, conseqüentemente, diminuindo as taxas de volatilização.

De acordo com Terman et al. (1980), a ureia quando localizada a 3,8 cm de profundidade teve somente 6% de perdas, o que se torna possível através de chuvas acima de 10 a 15 mm, entretanto, quando aplicada na superfície do solo esse valor foi de 16%.

Comparado ao cultivo do ano 2019, em que o plantio do milho foi realizado 2 dias mais tarde (no dia 05 de março), o volume pluviométrico no ano de 2020 representou 175 mm a mais de chuva. Com valor absoluto de 279 mm. Cabe ainda abordar que até segundo decêndio de abril (A2) esse volume foi bem distribuído.

Não foram observadas diferenças estatísticas para: altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de colmo e massa de mil grãos de milho. Villetti et al. (2015), testando diferentes fontes de N também não tiveram resultados significativos em; diâmetro de colmo e altura de inserção de espiga, porém, observaram resultados significativos para altura de planta.

Tabela 8 - Teste de média para altura de inserção da espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo, massa de mil grãos (MMG), produtividade de milho e soja (Prod), referentes à condução na segunda etapa do milho, em segunda safra (experimento 3), CIT - GAPES, 2020

Fontes	Doses			Média
	30	60	90	
Inserção espiga milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	1,23	1,23	1,22	1,23
Ureia com NBPT	1,21	1,22	1,23	1,22
CAN	1,24	1,23	1,25	1,24
Média	1,23	1,23	1,24	1,23
Controle	1,19			
Altura de plantas milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	2,01	2,08	2,10	2,1
Ureia com NBPT	2,06	2,08	2,12	2,1
CAN	2,07	2,05	2,15	2,1
Média	2,05	2,07	2,12	2,1
Controle	2,05			
Diâmetro colmo milho (cm)				
Ureia	1,80	1,91	1,88	1,86
Ureia com NBPT	1,88	1,95	1,89	1,91
CAN	1,78	1,80	1,98	1,85
Média	1,82	1,89	1,91	1,87
Controle	1,69			
MMG (g)				
Ureia	282	286	276	281,2
Ureia com NBPT	235	265	266	255,7
CAN	246	256	263	255,0
Média	254,46	268,95	268,47	264,0
Controle	267			
Prod milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	7957	7931	8437	8109ab
Ureia com NBPT	8391	8087	8300	8259 a
CAN	7068	7785	7741	7532b
Média	7805	7935	8159	7967
Controle	7534			
Prod soja (kg ha⁻¹)				
Ureia	4424,0	4497,3	4325,9	4415,7
Ureia com NBPT	4382,0	4171,0	4510,8	4354,6
CAN	4540,8	4211,6	4501,6	4418,0
Média	4448,9	4293,3	4446,1	4396,1
Controle	4372			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: (N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

4.2 Influência das fontes de N aplicadas em diferentes estádios fenológicos do milho

O resumo da análise de variância apresentado na Tabela 9 para os resultados de massa de mil grãos e produtividade de grãos de milho demonstra que não teve diferença estatística para fontes de N e estádios fenológicos do milho nos momentos de aplicações.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG) e produtividade de milho (Prod milho), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 2), CIT - GAPES, 2019

FV	F calculado			Prod milho
	GL	MMG		
Fonte	2	0,049 ^{ns}		0,758 ^{ns}
Momento	3	0,889 ^{ns}		0,646 ^{ns}
Fonte x Momento	6	0,763 ^{ns}		0,858 ^{ns}
Fatores vs Controle	1	6,660*		0,010 ^{ns}
Erro	36	-		-
CV (%)	-	4,2		13,75

Fontes	Estádio de aplicação				Média
	NS	V3	V6	NS+V3	
	MMG (g)				
Ureia	370,8	359,3	359,8	361,3	362,8
Ureia com NBPT	357,7	367	360,6	360,3	361,4
CAN	364,7	374,3	361,9	350,7	362,9
Média	364,4	366,9	360,8	357,4	362,4
Controle			342		
	Prod milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	10567,6	10857,8	10064,7	9356,7	10211,7
Ureia com NBPT	10756,1	10196,8	10732,7	10841,3	10631,7
CAN	10533,4	10445,7	12103,8	10247,1	10832,5
Média	10619	10500,1	10967,1	10148,4	10558,6
Controle			10481,13		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: N-(n-butil) tiossulfônico triamida – inibidor da urease.

Nota-se que, entre o plantio e os momentos de aplicação das fontes de N a distribuição de chuva foi regular, favorecendo a incorporação do produto no perfil do solo e reduzindo as perdas por volatilização. Outro fator que pode ter contribuído foi o teor de matéria orgânica de 3,09%, classificado como média adequada conforme (Souza; Soratto, 2006). Podendo disponibilizar parte do N demandado pela cultura. Assim, solos com maiores teores de MO podem mascarar os efeitos da aplicação mineral do N

Silva et al. (2005), também não observaram influência das aplicações em diferentes estádios fenológicos e do parcelamento na cultura do milho. Esse comportamento difere do observado nas pesquisas de: Kosgey et al. (2013), Debruinet al., (2014) e Ning et al. (2014), em que o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura foi fundamental para melhorar o aproveitamento pela cultura.

Como observado no resumo de análise de variância apresentado na Tabela 10 para o cultivo de milho, em segunda época, implantado na primeira etapa de plantio do milho, em que foram aplicadas diferentes fontes de N em diferentes estádios fenológicos da cultura, no ano de 2020, teve-se diferença para diâmetro de colmo e massa de mil grãos.

As aplicações de N realizadas no momento da semeadura (NS), em V3 e parceladas NS+V3, garantiram melhores resultados para diâmetro de colmo de milho, enquanto que a aplicação em V6 foi o que apresentou valor inferior. Isso pode ter ocorrido devido ao não suprimento de N para a cultura em estádios fenológicos determinantes para o diâmetro de colmo no ciclo da cultura. No trabalho realizado por Cardoso et al. (2011), parcelando a dose de 120 kg ha⁻¹ de N nos estádios V4, V8 e V10, não surtiu efeito em diâmetro de colmo.

De acordo Ritchie et al. (2003), todas as folhas e inflorescências femininas (espigas potenciais) que a planta eventualmente produzirá são iniciadas no estágio V3, e o não suprimento de N nesse estágio pode interferir no desenvolvimento da planta como um todo.

Os resultados da média entre os estádios de aplicação para massa de mil grãos do produto CAN se diferiu do tratamento com ureia. As fontes de nitrogênio e os estádios em que as aplicações foram realizadas não influenciaram a produtividade de grãos, mesmo no segundo ano de condução do experimento (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para altura de inserção de espiga (AE), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos de milho (MMG) e produtividade de milho (Prod), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, condução na primeira etapa de milho, em segunda safra (experimento 2), CIT - GAPES, 2020

FV	F calculado					
	GL	AE	AP	DC	MMG	Prod milho
Fonte	2	0,048 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,220 ^{ns}	5,261 ^{**}	0,243 ^{ns}
Momento	3	1,624 ^{ns}	2,799 ^{ns}	10,679 ^{**}	2,841 ^{ns}	1,737 ^{ns}
Fonte x Momento	6	2,070 ^{ns}	1,071 ^{ns}	1,048 ^{ns}	1,254 ^{ns}	1,956 ^{ns}
Fatores vs controle	1	1,053 ^{ns}	1,887 ^{ns}	7,569 ^{**}	0,320 ^{ns}	2,899 ^{ns}
Erro	36	-	-	-	-	-
CV (%)	-	4,21	4,82	7,32	8,27	8,27
Fontes	Estádio de aplicação					Média
	NS	V3	V6	NS+V3		
Inserção espiga milho (kg ha⁻¹)						
Ureia	1,21	1,19	1,18	1,28	1,21	
Ureia com NBPT	1,23	1,26	1,19	1,19	1,22	
CAN	1,24	1,2	1,2	1,23	1,22	
Média	1,23	1,22	1,19	1,23	1,22	
Controle			1,19			
Altura de plantas milho (kg ha⁻¹)						
Ureia	2,52	2,47	2,41	2,59	2,5	
Ureia com NBPT	2,69	2,55	2,46	2,5	2,55	
CAN	2,5	2,51	2,44	2,53	2,5	
Média	2,57	2,51	2,43	2,54	2,51	
Controle			2,43			
Diâmetro colmo milho (cm)						
Ureia	2,09	2,03	1,76	2,23	2,03	
Ureia com NBPT	2,14	1,98	1,83	2,04	2,00	
CAN	2,04	2,10	1,85	2,09	2,02	
Média	2,09a	2,00a	1,81b	2,1a	2,02	
Controle			2,43			
MMG (g)						
Ureia	310,89	319,13	313,35	335,23	319,65aa	
Ureia com NBPT	292,29	310,86	282,24	281,28	291,7b	
CAN	286,36	312,61	275,44	325,44	299,9ab	
Média	296,51	314,2	290,34	313,99	303,76	
Controle			296,38			
Prod milho (kg ha⁻¹)						
Ureia	10262,22	9689,4	7662,92	10821,76	9609,08	
Ureia com NBPT	9642,95	9771,93	10101,23	8956,01	9618,03	
CAN	8500,93	10104,72	8447,06	10148,07	9300,19	
Média	9468,7	9855,35	8737,07	9975,28	9509,1	
Controle			8208,95			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: (N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cardoso et al. (2011), trabalhando com a mesma dose e utilizando três fontes, incluindo ureia e nitrato de amônio. Esse trabalho foi conduzido em solo com 10,3% de argila e 1,7% de matéria orgânica.

O resumo da análise de variância para à aplicação de fontes de N, em diferentes estádios fenológicos do milho, em segunda safra, plantado na segunda etapa de plantio (condução de baixo índice pluviométrico) apresentado na Tabela 11 demonstra efeito do estágio fenológico, no momento da aplicação na produtividade de grãos.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância, e resultados de teste de média para massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho (Prod), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, em condução na segunda etapa de milho, em segunda safra, (Experimento 4) CIT - GAPES, 2019

FV	F calculado			Prod milho
	GL	MMG		
Fonte	2	0,29		0,08
Momentos	3	0,10		0,03*
Fonte x Momentos	6	0,74		0,63
Fatores vs Controle	1	0,83		0,11
Erro	36	-		-
CV (%)	-	10,37		10,91

Fontes	Estádio de aplicação				Média
	NS	V3	V6	NS+	
	MMG (g)				
Ureia	244,8	265,3	274	267,	262,8
Ureia com NBPT	280,5	262,8	280,8	288,	278,2
CAN	254,5	259,8	294	286	273,6
Média	259,9	262,6	282,9	280,	271,5
Controle			268,5		
	Prod milho (kg ha⁻¹)				
Ureia	7033,6	6947,2	6909,8	7729	7155,1
Ureia com NBPT	7457,9	7609,2	7769,7	8329	7791,6
CAN	6730,8	7314,9	8230,2	8129	7601,3
Média	7074,1b	7290,4ab	7636,6abb	8062	7516,0
Controle			6818,1		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: (N-(n-butil) tiofosfórico triamida – inibidor da urease.

Não foi observada diferença significativa para massa de mil grãos em função dos tratamentos. Para produtividade de grãos houve efeito dos estádios fenológicos no momento das aplicações. O parcelamento da aplicação das fontes (NS+V3) se mostrou superior a aplicação de N na semeadura (NS), mas não diferiu das aplicações no V3 e V6.

Conforme balanço hídrico de 2019 (Figura 1), observa-se que, neste período, segundo decêndio de março (M2), a primeira aplicação foi feita em condições de solo úmido. Posteriormente ocorreu a diminuição dos índices pluviométricos, o que pode ter induzido perdas de N diminuindo o aproveitamento de ambas as fontes, principalmente, as com possibilidades de volatilização de nutriente.

Segundo Cabezas et al. (1997), a melhor condição para minimizar as perdas seria a aplicação em solo seco, com temperaturas amenas e posterior incorporação via água ou mecânica, visto que a incorporação de ureia resultou em redução de perdas (Terman, 1980).

Dessa forma, o parcelamento aumenta a possibilidade do aproveitamento do nitrogênio, resultando em maiores produtividades. Os resultados dos tratamentos com aplicações nos estádios V3 e V6 foram estatisticamente iguais, podendo ser explicados em relação à aplicação ter sido feita, em período de baixa precipitação pluvial e, conseqüentemente, solo com baixa umidade. Essa condição desfavorece a ação da enzima urease e a ação da enzima é preponderante para o início do processo de volatilização.

No trabalho realizado por Tasca et al., (2011), avaliando a influência dos fatores umidade e temperatura, os autores apresentam que a volatilização de NH_3 aumenta com o acréscimo da dose de N aplicada, pH do solo e da temperatura.

O resumo da análise de variância apresentado na Tabela 12, demonstra significância para as variáveis altura de plantas e diâmetro de colmo e interação dos fatores fontes e doses para massa de mil grãos e das fontes para produtividade de grãos.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e resultados de teste de média para altura de inserção de espiga (AE) altura de planta (AP) diâmetro de colmo (DC), massa de mil grãos de milho (MMG), produtividade de milho (Prod.), para diferentes estádios de aplicação de fontes de nitrogênio, em condução na segunda etapa de milho, em segunda safra (experimento 4), CIT - GAPES, 2020

FV	F calculado					
	GL	AE	AP	DC	MMG	Prod milho
Fonte	2	1,95 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,002**	0,03*
Momento	3	2,49 ^{ns}	0,004**	0,003**	0,17 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Fonte x Momento	6	0,74 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,005**	0,98 ^{ns}
Fatores vs Controle	1	11,41**	0,06	0,008**	0,91 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Erro	36	-	-	-	-	-
CV (%)	-	2,09	2,87	5,58	9,13	9,27
Fontes	Doses				Média	
	NS	V3	V6	NS+V3		
Inserção espiga milho (m)						
Ureia		1,23	1,22	1,20	1,24	1,23
Ureia com NBPT		1,23	1,23	1,21	1,23	1,23
CAN		1,26	1,25	1,23	1,23	1,24
Média		1,24	1,24	1,21	1,24	1,23
Controle				1,19		
Altura de plantas milho (m)						
Ureia		2,12	2,10	2,06	2,14	2,10
Ureia com NBPT		2,12	2,12	2,02	2,13	2,10
CAN		2,09	2,15	2,07	2,15	2,11
Média		2,11ab	2,12a	2,05b	2,14a	2,11
Controle				2,05		
Diâmetro colmo milho (cm)						
Ureia		1,87	1,88	1,77	1,85	1,84
Ureia com NBPT		1,91	1,89	1,72	1,86	1,84
CAN		1,89	1,98	1,79	1,98	1,91
Média		1,89a	1,91a	1,76b	1,89a	1,93
Controle				1,69		
MMG (g)						
Ureia		245,92aA	275,64aA	276,64aA	267,07bA	266,32ab
Ureia com NBPT		260,71aA	266,38aA	226,24bA	243,54bA	249,22b
CAN		252,38aB	263,36aB	295,32aAB	314,78aA	281,46a
Média		253,00	268,47	266,07	275,13	265,67
Controle				267,02		
Prod. milho (kg ha⁻¹)						
Ureia		8147,94	8437,34	8554,61	8840,37	8495,06a
Ureia com NBPT		8057,52	8299,84	8398,10	8843,66	8399,78ab
CAN		7491,93	7741,19	8160,59	7889,06	7820,69b
Média		7899,13	8159,46	8371,10	8524,36	8238,51
Controle				7,533.58		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). ^{ns}Não significativo ($p \geq 0,05$). NBPT: N-(n-butil) tiossulfônico triamida – inibidor da urease.

Para altura de plantas e diâmetro de colmo foram observadas diferenças, entre as médias das diferentes fases fenológicas no momento das aplicações. As duas variáveis tiveram resultados inferiores com aplicações tardias (V6), mostrando que as aplicações tardias sem aporte nos estádios iniciais podem interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura. Em contrapartida Pinho et al. (2009), mostram que o maior acúmulo de N na cultura do milho ocorreu nos estádios mais avançados (120 a 141 dias).

Outros fatores que devem ser considerados são os eventos de importância no desenvolvimento das plantas, não deixando que a deficiência de algum fator comprometa o crescimento e desenvolvimento. Tendo como exemplo o estádio de V3 em que a planta de milho define todas as folhas e as inflorescências femininas (espigas potenciais) que a planta eventualmente produzirá (Ritchie et al., 2003).

Para a variável massa de mil grãos nota-se interação entre os fatores. Os tratamentos com ureia (tratada e não tratada) não foram influenciados pelo estádio fenológico, no momento da aplicação. Os resultados das fontes, conforme cada estádio de aplicação, mostram semelhança quando aplicadas em NS e V3 e superioridade para ureia e CAN na aplicação em V6. No parcelamento o CAN também teve o melhor resultado.

Para as médias entre os estádios de aplicação e parcelamento o produto CAN teve o melhor resultado, os melhores resultados foram para ureia e ureia com NBPT, sendo que o último não diferiu no tratamento com CAN. Para a produtividade de milho houve efeito apenas para fonte, de forma que as produtividades médias dos tratamentos com ureia foram idênticas aos tratamentos ureia com NBPT, que não se diferenciou das médias dos tratamentos com CAN.

5 CONCLUSÃO

No primeiro ano de condução do experimento não foi observado efeito na produtividade do milho, já para a soja cultivada em sucessão a produtividade foi maior em resposta a maior dose aplicada anteriormente no milho. Foram observadas respostas positivas no milho em relação as aplicações de nitrogênio no segundo ano de cultivo. A soja subsequente ao milho do segundo ano, também teve melhores produtividades, com as maiores doses aplicadas.

Os parcelamentos das fontes de nitrogênio não interferiram na produtividade do milho, no segundo ano, o diâmetro de colmo foi menor para aplicações realizadas no estágio V6 da cultura. No primeiro ano de condução, as produtividades de milho com parcelamento das fontes de N foram iguais, aplicações realizadas em V3 e V6. Já no segundo ano de experimento, com aplicações realizadas em V6 obteve-se menores alturas de plantas e a produtividade do milho com os produtos CAN e com a ureia inibidor de urease não se diferiram.

REFERÊNCIAS

- ABALOS, D.; JEFFERY, S.L.; SANZ-COBENA, A.; GUARDIA, G.; VALLEJO, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.189, p.136–144, 2014.
- ABREU, P. G. de; PAIVA, D. P. de; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; CESTONARO, T. Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v.33, n.1, p.51–57, 2011.
- AMARAL FILHO, J. P. R. DO et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p. 467–473, 2005.
- ANASTACIO, T.C. **Desempenho de biofertilizante fosfatado na nutrição de plantas de milho**. 2018. 48 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia) - Piracicaba: ESALQ/USP, 2018.
- BEAUCHAMP, E. G.; SEECH, A. G. Denitrification with different sizes of soil aggregates obtained from dry-sieving and from sieving with water. **Biology and Fertility of Soil**, v.10, p.183-193, 1990.
- BESSEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; FIGUEROA, L. V.; PIVA, J. T. Produtividade Do Milho Em Resposta À Inoculação Com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em clima subtropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.2, p.257–268, 2019.
- BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to postflowering source - Sink ratio. **Crop Science**, v.41, n.6, p.1816–1822, 2001.
- BOUWMEESTER, RJB; VLEK, PLG; STUMPE, JM Efeito de fatores ambientais na volatilização de amônia de um solo fertilizado com uréia. **Jornal da Sociedade de Ciências do Solo da América**, v.49, n.2, p.376-381, 1985.
- CABEZAS, W. A. R. L.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 481–487, 1997.

CABEZAS, W. A. R. L.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. 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.

CABEZAS, W.A.R. L; TREIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G. PEREIRA, G.H. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no triangulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.363-476, 2000.

CAIONI, S.; LAZARINI, E.; PARENTE, T. de L.; BOSSOLANI, J. W.; SOUZA, L. G. M. de; PIVETTA, R. S.; DICKMANN, L. Efeito residual da adubação nitrogenada e molibídica no milho sobre a soja cultivada em sucessão. **Espacios**, v.38, n.19, p. 1-11,2017.

CAMERON, K.C., DI, H.J., MOIR, J.L. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Annals of Applied Biology**, v. 162, p. 145–173, 2013.

CANTARELLA, H. & MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPOSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2007.v.1. p.2-19.

CANTARELLA, H.; MATOS, D.; QUAGGIO, A.; RIGOLIN, T. Fruit yield of Valencia sweet Orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, n.3, p.215–223, 2003.

CANTARELLA, H.; TRIVELIM, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola.**, v. 65, p. 397-401, 2008.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M. F.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R., MARCELINO, R., Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v.65, n.4, p.397–401, 2008.

CANTARELLAA, H.; OTTO, R. SOARES, J. R.; SILVA, A. G. DE B. efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. **Journal of Advanced Research**, v.13, p.19–27, 2018.

CARDOSO, S. DE M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H. DA.; MENDONÇA, C. G. DE.; Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.23–28, 2011.

CIVARDI, E. A.; NETO, A. N. S.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.52- 59,2011.

COELHO, E. F.; COSTA, F. D. S.; SILVA, A. C. da; CARVALHO, G. C. Concentração de nitrato no perfil do solo fertigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 263-269, 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Nono levantamento, junho 2020 – safra 2019/2020.: Brasília: Companhia

Nacional de Abastecimento. 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 14 de agosto. 2021.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; DE OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de. Embrapa: Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, v. 6, n. 2, p. 1–10, 2010.

DEBRUIN, J.; BUTZEN, S. Nitrogen uptake in corn. **Pioneer Crop Insights**, v.24, n.4, p.1–7, 2014.

ERNANI, P.R.; BAYER, C. STECKLING, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.939-946, 2001.

FABRIS, L. B.; CALONEGO, J. C.; DOS SANTOS, C. H.; MOREIRA, A. C. M. Aporte De Palha E Nitrogênio No Sistema De Produção De Soja No Oeste Paulista. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 2, p. 24–34, 2018.

FRANCISCO, S. S.; URRUTIA, O.; MARTIN, V.; PERISTEROPOULOS, A.; GARCIA-MINA, J. M. Efficiency of urease and nitrification inhibitors in reducing ammonia volatilization from diverse nitrogen fertilizers applied to different soil types and wheat straw mulching. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, n.9, p. 1569–1575, 2011.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, Á. R.; SILVA, V. L.; 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, n.12, p.1262-1267,2014.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA. Department of Mines and Petroleum. Safe storage of solid ammonium nitrate- code of practice. Perth: Department of Mines and Petroleum; 2013.

GRIZZETTI, B.; BOURAOUI, F. Long term change of nutriente concentrations of rivers discharging in European seas. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 23, p. 4899-4916, 2011.

HUTCHINGS, L.; PILLAR, S. C.; VERHEYE, H. M. Estimates of standing stock, production and consumption of meso-and macrozooplankton in the Benguela ecosystem. **South African Journal of Marine Science**, v.11, n.1, p.499-512, 1991.

KANEKO.;F. H.; ARF, O.; SABUNDJIAN, M. T.; FERREIRA, J. P.; GITTID.C.; LEAL, A.J.F.; NASCIMENTO, V. Fontes e modos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.9, n.2, p.191–196, 2015.

KISSEL, D. E.; CABRERA, M. L.; FERGUSON, R. B. Reactions of ammonia and urea hydrolysis products with soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.6, p. 1793-1796, 1988.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 p. (Tese – Doutorado em Agronomia) - Piracicaba: ESALQ/USP, 1998.

- KOSGEY, J.R.; MOOT, D.; FLETCHER, A.; MCKENZIE, B.A. Dry matter accumulation and post-silking N economy of “stay-green” maize (*Zea mays* L.) hybrids. **European Journal of Agronomy**, v.51, p.43–52, 2013.
- LANA, R. M. Q.; Pereira, V. J.; Leite, C. N.; Teixeira, G. M.; Gomes, J. da S.; Camargos R. de. NBPT (urease inhibitor) in the dynamics of ammonia volatilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.2, 2018.
- LENSI, R.; CLAYS-JOSSERAND, A.; GOURBIERE, F. Spatial distribution of nitrification and denitrification in an acid forest soil. **Forest Ecology Management**, v. 44, p. 29-40, 1995.
- LIMA, J. E. S.; NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M. da; LEANDRO, W. M. Volatilização da amônia da ureia estabilizada com nbpt na adubação em cobertura da *Urochloa ruziziensis*. **Colloquium Agrariae**, v.14, n.1, p.92–100, 2018.
- LIU, S.Y., ZHANG, X.-P., LIANG, A.-Z., JIA, S., ZHANG, S., SUN, B., CHEN, S.-L., YANG, X.M. Effects of corn and soybean straws returning on CO₂ efflux at initial stage in black soil. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v.26, n.8, p.2421–2427, 2015.
- MUIRHEAD, W. A.; MELHUIH, F. M.; WHITE, R. J. G.; HIGGINS, M. L. Comparison of several nitrogen fertilisers applied in surface irrigation systems. n. nitrogen transformations. **Fertilizer Research**, v.8, p.49-65, 1985.
- NING, P. et al. New maize hybrids had larger and deeper post-silking root than old ones. **Field Crops Research**, v.166, p.66–71, 2014.
- PINHO, R. G. V. BORGES, I. D., PEREIRA, J. L. D. A. R., & DOS REIS, M. C. Marcha de Absorção de Macronutrientes e Acúmulo de Matéria Seca em Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, p.157–173, 2009.
- QUEIROZ, A. M. et al. Avaliação de Diferentes Fontes e Doses de Nitrogênio na Adubação da Cultura do Milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p.257–266, 2011.
- RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. DA, 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.
- RAMSPACHER, A. Assessment of the global market for slow and controlled release, stabilized and water-soluble fertilizers. **Presentaton at IFA strategic fórum**. 2017.
- RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. **Balanco de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída**. Tópicos em Ciência do Solo, n.10, p.342-398, 2019.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Encarte de informações agrônômicas**, n.103, p.1–20, 2003.
- ROCHETTE, P.; MacDONALD, J.D.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; GASSER, M. BERTRAND, N. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v.38, p.1383-1390, 2009.

RODRIGUES, PARTELLI, F. L.; PIRES, F. R.; OLIOSI, G.; ESPINDULA, M. C. Perdas por Volatilização de Diferentes Adubos Nitrogenados Aplicados no Cafeeiro Conilon. **FertBio**, n.1, p.4, 2012.

SANDINI, I. E.; MORAES, A. de; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M. K.; NOVAKOWISKI, J. H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1315–1322, 2011.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A. RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v.33, p.87-692, 2003.

SANZ-COBENA, A.; MISSELBROOK, T.H.; ARCE, A.; MINGOT, J.I.; DIEZ, J.A. VALLEJO, A. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions. **Agriculture. Ecosystem Environmental**, v. 126, p.243-249, 2008.

SHEPHERD, M. A.; HATCH, D. J.; JARVIS, S. C.; BHOGAL, A. Nitrate leaching from reseeded pasture. **Soil Use and Management**, v.17, n.2, p.97-105, 2001.

SILVA, C. G. M.; absorção e exportação de macronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de investimento em adubação. 2016. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Sete Lagoas: UFSJ, 2016.

SILVA, E.; BUZZETTI, S.; GUIMARÃES, G.; LAZARINI, E.; SÁ, MARCO. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.353–362, 2005.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.D. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SORATTO, R. P.; SILVA, Â. H. DA.; CARDOSO, S. DE M.; MENDONÇA, C. G. de Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.1, p.62–70, 2011.

SOUSA NETTO, M. de; OLIVEIRA, F. C. de; ARAÚJO, L. da S.; SILVEIRA, P. M. da; CUNHA, P. C. R. da. Épocas, Formas De Aplicação E Doses De Nitrogênio Na Cultura Do Milho Em Condições De Cerrado. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.6, p.56–66, 2021.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de Fontes e Doses de Nitrogênio em Cobertura, no Milho Safrinha, em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.395–405, 2006.

TASCA, F.A.; ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; GATIBONI, L.C.; CASSOL, P.C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.493-502, 2011.

TERMAN, G. L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. **Advances in agronomy**, v.31, p. 189-223, 1980.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v.41, n.2, p.254-263, 2011.

VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1835-1845, 1998.

VIANA, J. H. M.; NETO, M. M. G. **Características Físicas e Fertilidade dos Solos dos Ensaio do Projeto Safrinha em Rio Verde – GO**. Embrapa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 2016.

VILLETI, H.; ORSO, G.; KRENCHINSKI, F.; ALBRECHT, L.; ALBRECHT, A.; PEREIRA, V.; MORENO, G. Fontes E Doses De Nitrogênio No Desempenho Vegetativo E Produtivo Na Cultura Do Milho. **Cultura Agrônômica**, v. 24, 2015.

WATSON, C. J. Urease activity and inhibition - principles and practice. **International Fertiliser Society**, p. 1–44, 2000.