

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Loriane Lourdes Guaresi Coutinho

Engenheira Agrônoma

**ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE
TECNOLÓGICA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
ADUBADA COM FERTILIZANTE NITROGENADO
REVESTIDO**

Dracena – SP

Junho/2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Loriane Lourdes Guaresi Coutinho

Engenheira Agrônoma

ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE
TECNOLÓGICA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR
ADUBADA COM FERTILIZANTE NITROGENADO
REVESTIDO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Dracena – SP

Junho/2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

C871e

Coutinho, Loriane Lourdes Guaresi.

Estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cultura da cana-de-açúcar adubada com fertilizante nitrogenado revestido. – Dracena: [s.n.], 2022.

48 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2022.

Orientador: Reges Heinrichs

1. Adubação 2. Dióxido de nitrogênio. 3. Polímeros. 4. Saccharum spp. I. Título.

Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: NUTRIÇÃO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CANA-DE-AÇÚCAR ADUBADA COM FERTILIZANTE NITROGENADO REVESTIDO

AUTORA: LORIANE LOURDES GUARESI COUTINHO

ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. REGES HEINRICHS (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Câmpus de Dracena



Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - Unesp - Câmpus de Dracena



Dr. FERNANDO TAKAYUKI NAKAYAMA (Participação Virtual)

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA de Adamantina

Dracena, 29 de junho de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Loriane Lourdes Guaresi Coutinho, nascida em 08 de Junho de 1995 no município de Pacaembu, São Paulo. Graduada em Engenharia Agrônômica pelo Centro Universitário de Adamantina – UniFAI, Campus 2, dezembro de 2017. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2020, na área de produção de não ruminantes. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas, certificado junto ao CNPq.

DEDICATÓRIA

Em memória de meu pai José Coutinho Filho, minha mãe Edna Aparecida Guaresi, meu esposo Willian Endo Borim, minha filha Marina Guaresi Endo Borim e todos os amigos que me proporcionaram incentivo, amor, carinho, apoio, força e pela paciência, DEDICO.

A Deus, por me iluminar e me dar a oportunidade todos os dias de aprender e evoluir. A ti minha eterna GRATIDÃO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades de crescimento diárias, saúde e proteção concedidas durante esses 26 anos de vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

À Universidade Estadual Paulista, em especial à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT, Campus de Dracena.

Ao Prof. Dr. Reges Heinrichs, pela oportunidade de orientação, confiança, compreensão, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos. Manifesto minha eterna gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica, pessoal, a você professor, meu muito OBRIGADA!

Aos professores/pesquisadores que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa. A todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e aos profissionais de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

Aos alunos e amigos do mestrado em Ciência e Tecnologia Animal e PRINCIPALMENTE aos membros do GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos, cito aqui em especial a meu esposo, amigo e companheiro Willian Endo Borim, os amigos Clayton Luís Baravelli de Oliveira, Juliana Bonfim e Andreia da Silva Pepeliskof, que além de toda ajuda já dito contribuíram em muito com conhecimentos agronômicos e de vida, que fizeram dos mínimos detalhe uma grande diferença nessa conquista.

Aos meus familiares em especial a meus pais por terem tido toda compreensão para enfrentar esta etapa, aos amigos por fazerem parte da minha vida e tornarem os meus dias mais leves.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. MUITÍSSIMO obrigada!

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”

BILL GATES.

RESUMO

Na produção de cana-de-açúcar diversos fatores podem interferir, sendo os fatores positivos de solo, clima e sanidades, fundamentais para respostas na forma de produtividade. Solos de textura arenosa com baixo teor de matéria orgânica, como ocorrem no Oeste Paulista, apresentam características físicas muito favoráveis para produção agrícola, no entanto, quimicamente apresentam limitações, que podem ser superadas com estratégias de adubação adequada. Mediante o grande potencial de utilização de fertilizantes nitrogenados com tecnologia de liberação do nutriente de forma diferenciada no sistema de produção de cana-de-açúcar, a presente proposta avaliará a resposta desta tecnologia na produção sucroenergética. A adubação nitrogenada na cana-de-açúcar é uma das premissas para atingir altas produtividades e sustentabilidade do sistema de produção. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada com ureia revestida com polímero no estado nutricional das plantas, teores e fracionamento do nitrogênio no solo e, qualidade tecnológica e produtividade de colmos de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado com a cultura da cana-de-açúcar, variedade RB86-7515, terceiro corte. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, distrófico. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial $(2 \times 4) + 1$. Foram avaliadas duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio e ureia revestida com polímero) e quatro doses de nitrogênio (60, 90, 120 e 150 kg N ha⁻¹) e um controle (sem nitrogênio). Os resultados foram submetidos a ANOVA, constatado significância, as médias das fontes de N foram comparadas entre si pelo teste F. Adotou-se significância a 1 e 5% de probabilidade. A adubação nitrogenada não influenciou os teores foliares de nitrogênio, fósforo potássio, cálcio e enxofre, o teor de amônio no solo na camada de 0 – 0,10 m, o número de colmos por metro linear, produção de colmos, a concentração de açúcar total recuperável por tonelada de cana e os teores de Brix, de Pol, de Pureza e de Fibra. Os teores foliares de magnésio apresentaram respostas diferenciadas em função das doses e fontes de nitrogênio. A adubação nitrogenada aumentou o teor de N-nítrico do solo na camada de 0-10 cm, com os maiores teores com a utilização de nitrato de amônio. A produtividade média de colmos aumentou com a adubação nitrogenada, até 92,6 t ha⁻¹ com a dose de 74,3 kg ha⁻¹ de N. A ureia revestida com polímero apresentou maior eficiência na produção de açúcar total recuperável por unidade de nitrogênio fornecida em relação ao nitrato de amônio. A ureia revestida com polímero apresentou características de fertilizante de eficiência aumentada, proporcionando maior produção de ATR por hectare com menor dose de nitrogênio em relação ao nitrato de amônio.

Palavras-chave: Adubação. Dióxido de nitrogênio. Polímeros. *Saccharum* spp.

ABSTRACT

In the sugarcane production, several factors can interfere, being the positive factors of soil and climate, fundamental for answers in the form of productivity. Soils with a sandy texture with low organic matter content, as they occur in West of the São Paulo State, present very favorable physical characteristics for agricultural production, however, chemically they present limitations, which can be overcome with adequate fertilization strategies. Due to the great potential of using nitrogen fertilizers with technology to release the nutrient in a differentiated way in the sugarcane production system, the present proposal will evaluate the response of this technology in the sugarcane production. Nitrogen fertilization in sugarcane is one of the premises to achieve high productivity and sustainability of the production system. The present study was carried out with the objective of evaluating the effect of nitrogen fertilization with polymer-coated urea on the nutritional status of plants, levels and fractionation of nitrogen in the soil, and technological quality and productivity of sugarcane stalks. The experiment was carried out with sugarcane, variety RB86-7515, third cut. The soil of the area was classified as Ultisol dystrophic. The experimental design was in randomized blocks, with four replications, in a factorial scheme $(2 \times 4) + 1$. Two nitrogen sources (ammonium nitrate and polymer-coated urea) and four nitrogen rates (60, 90, 120 and 150 kg N ha⁻¹) and a control (no nitrogen) were evaluated. The results were submitted to ANOVA, and significance was found, the means of the N sources were compared by the F test. Significance was adopted at 1 and 5% probability. Nitrogen fertilization did not influence the foliar contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and sulfur, the soil ammonium content in the 0 - 0.10 m layer, the number of stalks per linear meter, stalk production, sugar concentration total recoverable per ton of cane and the levels of Brix, Pol, Purity and Fiber. The foliar contents of magnesium showed different responses depending on the doses and sources of nitrogen. Nitrogen fertilization increased the N-nitric content of the soil in the 0-10 cm layer, with the highest levels with the use of ammonium nitrate. The average productivity of stems increased with nitrogen fertilization, up to 92.6 t ha⁻¹ with a dose of 74.3 kg ha⁻¹ of N. The polymer-coated urea showed greater efficiency in the production of total recoverable sugar per unit of nitrogen supplied in relation to ammonium nitrate. The polymer-coated urea showed increased efficiency fertilizer characteristics, providing higher ATR production per hectare with a lower nitrogen dose compared to ammonium nitrate.

Keywords: Fertilizing. Nitrogen dioxide. Polymers. *Saccharum* spp.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	14
3 REVISAO DE LITERATURA	15
3.1 Importância da cultura de cana-de-açúcar	15
3.2 Cana-de-açúcar para alimentação animal	16
3.3 Nitrogênio	17
3.3.1 Nitrogênio - Ambiente e Importância	17
3.3.2 Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Localização	21
4.2 Clima	22
4.3 Caracterização do solo avaliado.....	22
4.4 Delineamento experimental e tratamentos	23
4.5 Condução do experimento.....	24
4.6 AVALIAÇÕES	25
4.6.1 Teor de nitrogênio no solo.....	25
4.6.2 Estado nutricional das plantas.....	26
4.6.3 Número de colmos e falhas	26
4.6.4 Produção de colmos.....	26
4.6.5 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar	26
4.7 Análise Estatística.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Disponibilidade de nitrogênio no solo	28
5.2 Estado nutricional da cana-de-açúcar	30
5.3 Produtividade e Qualidade Tecnológica da Cana-de-açúcar	34
6 CONCLUSÃO	40
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (VIEIRA-MEGDA *et al.*, 2015), com 9 milhões de hectares plantados na safra 2019/2020, o que representa 2,3% da área agrícola do País (IBGE, 2020). Os números e o aprimoramento tecnológico permitem que o país seja também o maior exportador mundial de açúcar, respondendo sozinho por 45% do todo comercializado no mundo. Na produção de cana-de-açúcar diversos fatores podem interferir, sendo os fatores positivos de solo, clima e sanidade fundamentais para respostas na forma de produtividade. Solos de textura arenosa com baixo teor de matéria orgânica, como ocorrem no Oeste Paulista, no entanto, quimicamente apresentam limitações, que podem ser superadas com estratégias adequadas de adubação. É de amplo conhecimento a importância da adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar, considerada como estratégia para elevar a produtividade da cultura.

O nitrogênio participa da formação de diversos compostos considerados de suma importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, destacando-se as proteínas e clorofilas (CRUZ *et al.*, 2006). O amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) são as duas principais fontes de nitrogênio mineral utilizado pelas plantas (FREDEEN; FIELD, 1992). Porém, em solos aerados, as bactérias rapidamente transformam íons de amônio em nitrato (NOVOA; LOMIS, 1981; FREDEEN; FIELD, 1992), e a forma oxidada é a principal para a nutrição das plantas (NOVOA; LOMIS, 1981). Assim, fertilizantes nitrogenados convencionais (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio) acabam fornecendo basicamente N-nítrico às plantas. A consequência disto é o maior gasto energético para assimilar o N-nítrico, quando comparado à assimilação de N-amoniaco (GRESPLAN *et al.*, 1998). O N-amoniaco pode entrar diretamente na síntese de aminoácidos, mas o N-nítrico precisa ser reduzido a N-amoniaco a um elevado custo energético (NOVOA; LOMIS, 1981). Diferenças entre a nutrição entre N-amoniaco e N-nítrico também são abordadas por Miyazawa *et al.* (2016).

Dentre os fertilizantes nitrogenados, a ureia é a fonte mais utilizada devido ao seu baixo custo por unidade de nitrogênio, comparado ao sulfato de amônio e ao nitrato de amônio. Entretanto, a ureia é propensa à significativas perdas de NH_3 por volatilização. A aplicação da ureia incorporada ao solo elimina o problema de volatilização de amônia. No entanto, essa prática não é mais utilizada no sistema de cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada, pois a palhada pós colheita fica sobre o solo, dificultando essa prática operacional. A aplicação superficial da ureia sobre os resíduos da colheita da cana-de-açúcar intensifica o processo de volatilização de amônia, reduzindo o aproveitamento da aplicação deste fertilizante (HEINRICHS *et al.*, 2017). Para evitar perdas de nitrogênio por volatilização, em condições de aplicação em superfície, sobre a palhada de cana-de-açúcar, frequentemente utiliza-se nitrato de amônio. No entanto, o nitrato de amônio apresenta perdas desprezíveis devido à volatilização da amônia, sendo mais eficiente que a ureia, mas apresenta maior custo por unidade de nitrogênio, maior potencial de lixiviação e sua compra e uso são restritos em muitos países, uma vez que este fertilizante pode atuar como agente explosivo (YAMADA *et al.*, 2007; MARIANO *et al.*, 2016). Com a portaria brasileira que proíbe a colheita da cana-de-açúcar com queima prévia das plantações, a cultura da cana-de-açúcar absorve apenas 20% do N-fertilizante aplicado, resultado atribuído, em parte, à mineralização de nitrogênio na palha da planta, alta imobilização microbiana e perdas de N no sistema solo-planta, principalmente, quando fontes contendo ureia são aplicadas na superfície do solo (VIEIRA-MEGDA *et al.*, 2015).

Assim, fontes nitrogenadas alternativas estão sendo pesquisadas, estudas e aplicadas no campo em distintas condições de solo, clima e manejo cultural para substituir a fonte nitrato de amônio. O uso de fertilizantes de eficiência aumentada tem sido estudado com mais frequência recentemente. Esses fertilizantes contêm tecnologias agregadas que controlam a liberação de nutrientes ou estabilizam suas transformações químicas no solo, aumentando a disponibilidade para a planta (REIS Jr. *et al.*, 2019). Os fertilizantes de eficiência

aumentada são agrupados em “liberação lenta” ou “liberação controlada” ou estabilizados (ZANÃO *et al.*, 2019). O revestimento da ureia com polímeros pode ser usado para produção de fertilizantes estabilizados. Porém, estudos avaliando a eficiência de ureia revestida com polímeros não têm sido conclusivos, pois enquanto alguns estudos apontam vantagens do uso de ureia revestida com polímero (FAN *et al.*, 2004; NOELLSCH *et al.*, 2009; WILSON *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2018), outros apontam para sua ineficiência em comparação com ureia comum (NELSON *et al.*, 2009; CAHILL *et al.*, 2010; MCKENZIE *et al.*, 2010; CIVARDI *et al.*, 2011; PRANDO *et al.*, 2013). Portanto, pode ser errôneo considerar que todos os revestimentos de polímero produzirão o mesmo resultado. Estudos de validação de fertilizantes de eficiência aumentada com recobrimento de polímero são, portanto, necessários para garantir sua viabilidade na agricultura. Dentre os polímeros, Policote é um aditivo baseado em polímeros hidrossolúveis, utilizado para revestir a ureia e produzir fertilizante estabilizado, capaz de reduzir perdas por volatilização de amônia da ureia e promover maior fornecimento de N-amoniacal às plantas (MIYAZAWA *et al.*, 2011), resultando em maior eficiência agrônômica e produtividade em culturas como as de milho (ZANÃO JR *et al.*, 2019; REIS JR *et al.*, 2019), feijão (REIS JR *et al.*, 2019) e arroz (REIS JR *et al.*, 2019).

Dessa maneira, fertilizantes com pacote tecnológico agregado, para o aumento do aproveitamento do nitrogênio aplicado na adubação, vêm despertando interesse no setor sucroenergético. A partir dessas demandas, observa-se o grande potencial da tecnologia de proteção/revestimento de fertilizantes nitrogenados para aumento de eficiência no sistema de produção de cana-de-açúcar e estabeleceu-se a hipótese que a ureia com revestimento favorece o aproveitamento do nitrogênio do fertilizante e contribuirá para aumentar o potencial de produção de cana-de-açúcar.

2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada com ureia revestida com polímeros no estado nutricional das plantas, teores e fracionamento do nitrogênio no solo e, qualidade tecnológica e produtividade de colmos de cana-de-açúcar.

3 REVISAO DE LITERATURA

3.1 Importância da cultura de cana-de-açúcar

De acordo com os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, o agronegócio gera 17,7 milhões de emprego ou seja 37% da População Economicamente Ativa (PEA), movimenta aproximadamente 458 bilhões de reais por ano, representando um terço do PIB brasileiro.

Devido a cortes sucessivos por vários anos subsequentes, provocando modificações no ambiente natural e agrícola, a cana-de-açúcar necessita ser compreendida para que se tenha sustentabilidade do sistema.

A expansão na produção de cana-de-açúcar no Brasil nos últimos anos se deve a busca por produção de energia renovável como o etanol e pela cogeração de energia, além de ser utilizada para alimentação animal e extração de açúcar (HEINRICHS *et al.*, 2017). Buscando melhorar a produtividade, a qualidade das características tecnológicas e aumentar o número de cortes, potencializando a produtividade e atender a demanda, estudos sobre fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento para avaliar e quantificar devem ser realizados.

Na época da seca a cana-de-açúcar é uma das principais fontes de alimento reduzindo as perdas de peso dos ruminantes (MURTA *et al.*, 2011). A cana-de-açúcar além do baixo custo para produção de volumoso tem grande produção de forragem por área, flexibilidade à época de plantio e corte e facilidade de manejo (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Para o aumento de produtividade sustentável, o avanço tecnológico dever ser constante. A cultura é responsável pelo desenvolvimento econômico de diversas regiões devido à grande variabilidade de uso e adaptação as condições tropicais.

3.2 Cana-de-açúcar para alimentação animal

O período crítico do ano tem sido um desafio à produção pecuária com o objetivo de intensificar e aumentar a eficiência dos sistemas de produção de volumosos com alto valor nutritivo, buscando desenvolver sistemas alternativos de produção e conservação de forragens, para a alimentação de bovinos de alta produção (MATOS *et al.*, 1995).

Independentemente da quantidade de concentrado utilizado e do nível de produção animal, rações que apresentam silagem de milho como fonte de volumoso geram receitas líquidas menores do que as rações contendo cana-de-açúcar (NUSSIO *et al.*, 2006). A cana-de-açúcar é utilizada desde a fabricação de açúcar e álcool, até a forma mais simples como na alimentação animal (VASCONCELOS, 2002).

Estudo feito por Corrêa *et al.* (2003) apresentou a cana-de-açúcar como opção viável na alimentação de vacas com elevada produção leiteira, que consequentemente tem maior exigência nutricional, os resultados satisfatórios foram alcançados em rações adequadamente formuladas para os ruminantes estabelecendo um desafio ao aperfeiçoamento da nutrição clássica dos bovinos.

A pecuária, devido ao custo elevado para produção animal, utiliza a cana-de-açúcar na época de seca como recurso racional, para redução do custo de produção. Devido ao grande período de disponibilidade, a cana-de-açúcar é uma alternativa interessante, assim reduzindo a perda de peso do animal devido à escassez de alimento (MURTA *et al.*, 2011).

A cana-de-açúcar torna-se uma forrageira de importância considerável para alimentação de ruminantes, devido à alta produção de matéria seca por área no período de seca. Sendo o confinamento uma atividade de alto risco e baixa rentabilidade, alternativas de redução de custos de alimentação tem sido o principal objetivo dos confinamentos (PINTO *et al.*, 2010). A cana-de-açúcar vem sendo uma alternativa para o confinamento sendo fornecida como volumoso na alimentação em substituição a silagem (BARROS *et al.*, 2010).

3.3 Nitrogênio

3.3.1 Nitrogênio - ambiente e importância

O solo do N participa de inúmeras reações geralmente por meio de microrganismos, é o nutriente com maior interação no ambiente e tem várias rotas de perdas (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010). Portanto a diminuição ou a deficiência de N fazem com que a planta reduza a quantidade de energia disponível, devido a diminuição da síntese de clorofila e aminoácidos essenciais, prejudicando a formação de carboidratos e esqueletos carbônicos e consequentemente o desenvolvimento da planta (MALAVOLTA, 2006).

A matéria orgânica presente no solo representa 95% do N total. Porém para que o N orgânico seja transformado em nitrato pelo processo de nitrificação, ou seja, aproveitado e absorvido pelos vegetais, é necessário que ocorra a mineralização da matéria orgânica originando o amônio (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010). Para que o processo de nitrificação seja rápido é necessário temperaturas entre 25 e 40°C, umidade do solo 50 a 70% e pH próximo a 6,5 (DANCER *et al.*, 1973). Embora nas condições citadas o N amoniacal proveniente da matéria orgânica ou de fertilizantes em poucos dias ou semanas se transformem em nitrato, ficará sujeito a perdas por lixiviações por possuir carga negativa.

A textura do solo e o regime pluviométrico são fatores que estão relacionados a perdas de N por lixiviação (GHIBERTO *et al.*, 2009). Áreas de cultivo de cana-de-açúcar em soqueira em Argissolo no Estado de São Paulo, demonstra uma situação diferente quando avaliado, onde ocorreu a perda de até 22,5 kg ha⁻¹ do N-fertilizante aplicado (100 kg ha⁻¹ N) por nitrato lixiviado. As perdas estão provavelmente relacionadas ao período de aplicação do fertilizante que muitas vezes ocorre entre os meses de julho e novembro e no início do período chuvoso (outubro e novembro), além de perdas por erosão por fazer o uso da aplicação superficial do fertilizante sem incorporação diminuindo o contato com o solo em cana-soca.

3.3.2 Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar por ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais, é uma das principais culturas agrícola nessas regiões. No Brasil, devido à baixa fertilidade do solo, as variedades foram selecionadas minimizando a utilização de adubos nitrogenados (AZEREDO *et al.*, 1986).

Os colmos exportam 50% do N absorvido, tendo em vista que para produção de 100 kg ha⁻¹ de colmos é extraído cerca de 100 a 300 kg ha⁻¹ de N (THORBURN *et al.*, 2005; CANTARELLA, 2007; FRANCO *et al.*, 2008b).

De acordo com Spironello *et al.* (1987) para suprir as necessidades nutricionais as doses recomendadas variam de 60 a 120 kg ha⁻¹ de N para cana queimada e Cantarella *et al.* (2014) recomenda doses que variam de 120 a 200 kg ha⁻¹ de N para cana crua. Levando em consideração a faixa de extração, são recomendadas doses elevadas de N para a produção de uma tonelada de colmos de cana-de-açúcar, alguns trabalhos apresentam valores médios de extração de 0,7 a 1,8 kg de N por tonelada de colmos produzida (COLETTI *et al.*, 2006; CANTARELLA *et al.*, 2008; TASSO JUNIOR *et al.*, 2007; FRANCO *et al.*, 2008a).

O processo de colheita remove grande parte da massa vegetal da cana-de-açúcar, que tem uma elevada produção de biomassa fazendo com que a cultura tenha uma alta necessidade de nutrientes esgotando a fertilidade natural dos solos, tornando necessária uma revisão periódica das adubações. Com o tempo de uso do solo os efeitos do N tendem a acentuar-se (SPIRONELO, 1989; ZAMBELLO JUNIOR; AZEREDO, 1983).

O N por ser um elemento essencial, sendo exigido em grandes quantidades para o crescimento das plantas, vem sendo cada vez mais utilizado. Lovenstain e Leffelaar (1983) concluíram que o N fornecido sob influência do clima, sofre várias transformações envolvendo vários caminhos e estados. O nitrogênio acaba se perdendo por erosão, lixiviação, desnitrificação ou volatilização, no sistema solo – planta não sendo recuperado pela cultura.

Fatores edafoclimáticos, idade da cultura, disponibilidade de N na solução do solo influenciam na variação do acúmulo de nitrogênio pela cana-de-açúcar (GASHO *et al.*, 1986; LIMA *et al.*, 1987; WOOD, 1991; ZAMBELO JUNIOR; AZEREDO, 1983). Sendo o quinto elemento mais abundante na planta, a relação de teor de nitrogênio e crescimento das plantas se deve por ser constituído de aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas, sendo o amarelecimento ou clorose das folhas um dos principais sintomas de deficiência do nitrogênio, inibindo a síntese de clorofila (EPSTEIN; BLOOM, 2005), causando a diminuição da fotossíntese e consequentemente, na síntese de aminoácidos essenciais.

A intensidade de perfilhamento e o índice de área foliar são efeitos marcantes na presença de N (NOVOA; LOOMIS, 1981; SILVEIRA, 1985). Uma relação linear entre taxa de fixação de CO₂ e teor do nutriente apresentam efeitos positivos sobre a taxa de fotossíntese (BLACK *et al.*, 1978; HART, 1970).

Para adubação de soqueiras, o manejo da adubação é um problema quanto ao uso de nitrogênio. A fonte de nitrogênio mais utilizada na cultura da cana-de-açúcar é a ureia, porém quando aplicada sobre a palha, apresenta perdas elevadas de N-NH₃ por volatilização (CANTARELLA *et al.*, 1999; DENMEAD *et al.*, 1990; PRAMMANEE *et al.*, 1989), causada pela ação da urease do solo e da palha.

Para que se tenha resultados satisfatórios a ureia necessita de critérios como incorporar ao solo no momento da aplicação, utilização de proteção física para o aumento da eficiência ou inibidores de uréase. A utilização desses critérios diminui a dependência do uso de nitrato e sulfato de amônio, além de reduzir a perda de nitrogênio por volatilização (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Solos com pH baixo, com predominância de NH₄⁺, tem menor perda de amônia, porém pode ocorrer altas taxas de perda de ureia por volatilização, mesmo em solos ácidos (COSTA *et al.*, 2003). Ni *et al.* (2014) evidencia que perdas por volatilização de nitrogênio amoniacal são variáveis, podendo ser maior ou menor dependendo das variações climáticas.

A dificuldade de incorporação dos fertilizantes em solos com espessa camada de palha, como meio de reduzir perdas por volatilização de fontes nitrogenadas, constata-se a necessidade de uso de fontes de N com menores perdas do elemento por volatilização (TRIVELIN *et al.*, 1997).

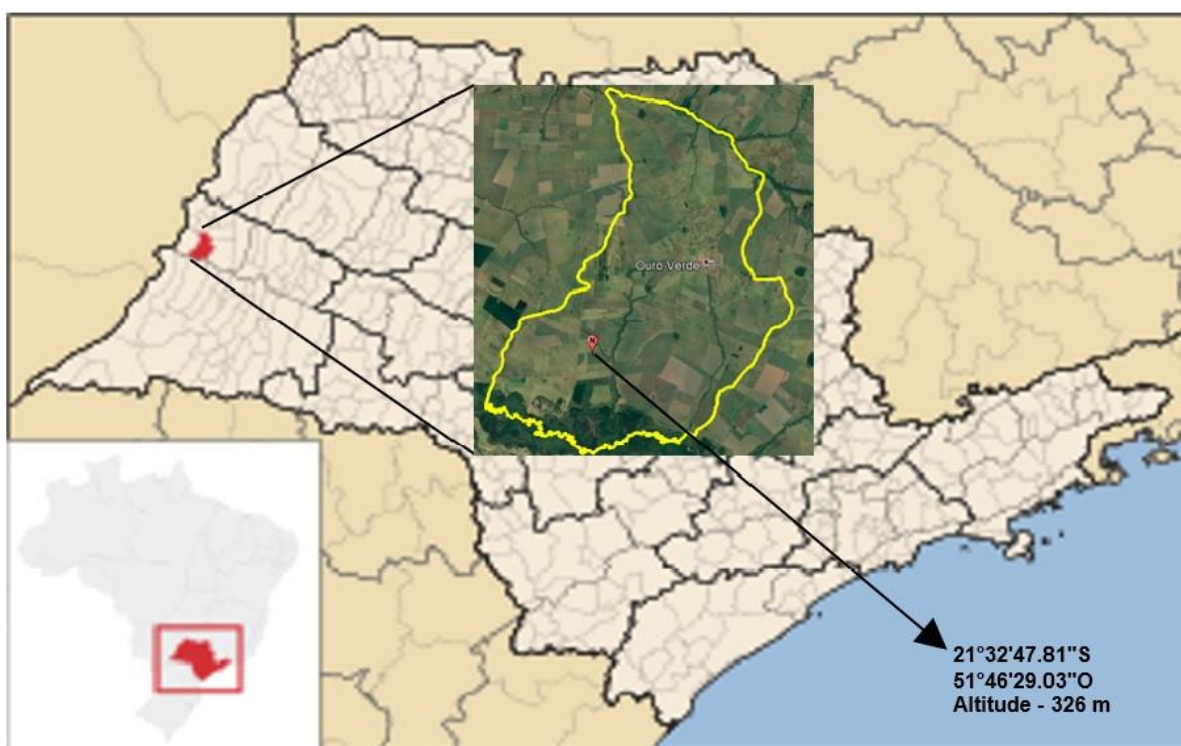
Algumas tecnologias na produção de fertilizantes como por meio de processos industriais os fertilizantes de liberação lenta ou controlada que reduz a taxa de liberação e aumenta a absorção pelas plantas, são constituídos por ureia-formaldeídos ou encapsulados (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). Os fertilizantes estabilizados possuem inibidores de nitrificação ou de urease, embora alguns fertilizantes podem possuir ambas as tecnologias (CANTARELLA, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

O experimento foi conduzido na área de produção pertencente a Usina sucroenergética Caeté, localizada no município de Ouro Verde na região Oeste do Estado de São Paulo, latitude $21^{\circ} 32'47.81''$ S, longitude $51^{\circ} 46'29,03''$ O e altitude 326m, no período de outubro de 2019 a julho de 2020 (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica do experimento com cana-de-açúcar adubada com fontes e doses de nitrogênio. Ouro Verde – SP.



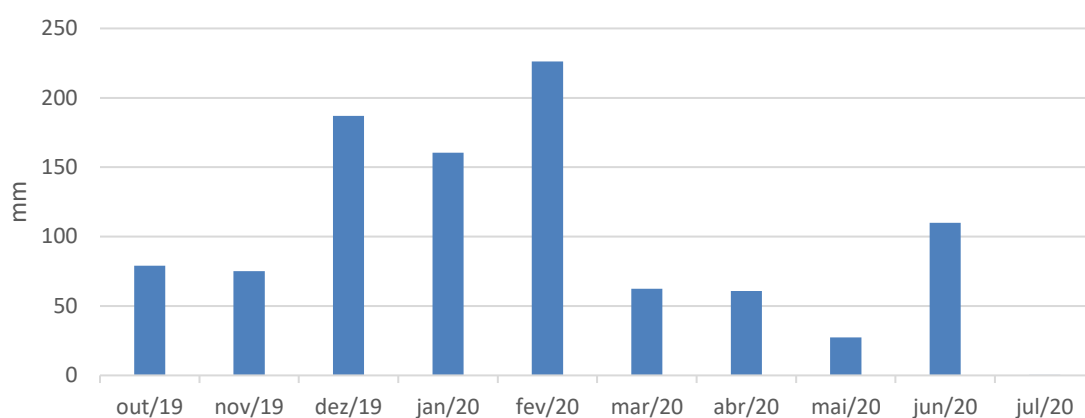
Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Clima

O clima local, conforme a classificação de Koppen é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de clima tropical, com inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 24°C e 1.300 mm.

O regime pluviométrico foi registrado ao longo da condução do experimento (Figura 2).

Figura 2- Precipitação registrada durante o período experimental. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Usina Caeté (2020).

4.3 Caracterização do solo avaliado

O solo da área do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). Os resultados da análise química inicial e granulometria efetuada em amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 0,20m e 0,20 – 0,40m, estão apresentadas na Tabela 1. As determinações seguiram a descrição de Raij *et al.* (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; pH em CaCl₂; matéria orgânica por colorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação aos micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA.

Tabela 1 - Resultados da análise química inicial e granulometria efetuada em amostras de solo coletadas na profundidade de 0 – 0,20m e 0,20 – 0,40m. Ouro Verde – SP.

Prof	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						
0-20	4,9	8	7,9	0,44	16,3	7,0	0	8,81	23,7	32,5
20-40	5,2	6	22,6	0,36	17,8	6,6	0	10,7	24,76	35,5
	m	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
	----- % -----	----- mg dm ⁻³ -----						----- g kg ⁻¹ -----		
0-20	0	72,9	0,21	0,86	56	8,1	1,01	821	48	131
20-40	0	69,7	0,18	0,80	48	7,5	0,68	790	67	143

P, Ca, Mg e K: resina; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions. Fonte: Elaborado pela autora.

4.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, arranjado em esquema fatorial (2x4)+1 (Tabela 2). Foram utilizadas duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio e ureia revestida com polímeros) e quatro doses de nitrogênio (60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N) e um controle (sem nitrogênio).

Tabela 2 – Fontes e doses de nitrogênio para compor os tratamentos do estudo.
Ouro Verde – SP.

Tratamentos	Fonte	Dose de N (kg ha ⁻¹)
1	Controle	0
2	Nitrato de Amônio (33% N)	60
3	Nitrato de Amônio (33% N)	90
4	Nitrato de Amônio (33% N)	120
5	Nitrato de Amônio (33% N)	150
6	Ureia revestida com polímero (42% N)	60
7	Ureia revestida com polímero (42% N)	90
8	Ureia revestida com polímero (42% N)	120
9	Ureia revestida com polímero (42% N)	150

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Condução do experimento

O experimento foi implantado em uma área de cana-de-açúcar, variedade RB 86-7515, no terceiro ciclo de crescimento. Os tratamentos foram aplicados junto a linha de cana-de-açúcar, em superfície, no dia 25/10/2019. Juntamente foram aplicados os fertilizantes, fosfatado (Superfosfato simples) e potássico (cloreto de potássio) nas doses de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O. A parcela experimental foi formada por 6 linhas de cana-de-açúcar, espaçadas de 1,5 m e com 10 m de comprimento. As quatro linhas centrais, descartando-se dois metros de cada extremidade, foram consideradas como área útil da parcela experimental. Entre as parcelas havia o espaço de 2,0 m e entre blocos foi destinado como carreador, a distância equivalente a duas linhas.

4.6 AVALIAÇÕES

4.6.1 Teor de nitrogênio no solo

Aos dez dias após a primeira chuva da instalação da pesquisa foi realizada amostragem de solo na profundidade de 0 – 0,10 m, para determinação dos teores de N-nítrico ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) e N-amoniacal (NH_4^+), conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Em frascos "snap- cap" de 90 mL foram pesados 5 g de solo e adicionados 50 mL de KCl 1 mol L⁻¹, que foram agitados por 30 minutos e deixados decantar por mais 30 minutos para obter o extrato.

O N- NH_4^+ foi determinado em extratos conforme segue: (1) transferiu-se 5 mL de solução indicadora de ácido bórico (H_3BO_3) à 2% em um béquer de 50 mL; (2) posicionou-se o béquer na saída do condensador a uma distância de um cm da solução; (3) transferiu-se alíquotas de 20 mL dos extratos em balão de destilação de 100 mL; (4) adicionou-se ao balão 0,2 g de óxido de magnésio (MgO), previamente calcinado em mufla à 600 °C por duas horas; (5) efetuou-se o acoplamento imediato e fixo do balão ao destilador e elevou-se a vazão de vapor; (6) aguardou-se entre 3 e 4 minutos, ou até que o béquer na saída do condensador atingisse um volume aproximado de 40 mL; (7) retirou-se o béquer, diminuiu a vazão de vapor, desacoplou o balão de destilação e deixou reservado; (8) titulou-se a solução de ácido bórico à 2% contendo o N- NH_4^+ destilado com ácido sulfúrico (H_2SO_4) padronizado a 0,025 mol L⁻¹, com auxílio de bureta digital; (9) encerrou-se a titulação quando a solução indicadora mudou a cor de verde para rosa, e anotou-se o volume (mL) de ácido sulfúrico utilizado.

Em continuidade, o procedimento de determinação de N- NO_3^- e NO_2^- os extratos foram efetuado como segue: (1) transferiu-se 10 mL de solução indicadora de ácido bórico (H_3BO_3) à 2% em um béquer de 50 mL; (2) posicionou-se o béquer na saída do condensador a uma distância de um cm da solução; (3) adicionou-se 0,2 g de liga de Devarda ao mesmo balão que continha o extrato anteriormente destilado para N- NH_4^+ ; (4) repetiu-se os passos 5, 6, 7, 8 e 9 citados no procedimento para determinação de N- NH_4^+ .

4.6.2 Estado nutricional das plantas

Em 08/02/2020 foram coletadas 12 folhas por parcela, para avaliação do teor de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) foi realizado a amostragem foliar (20 cm centrais, sem a nervura central da folha +1) (Malavolta *et al.*, 1997). As amostras foram levadas ao laboratório e passaram por processo de secagem em estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 h. As amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm e armazenadas em sacos de plástico identificados para posterior análise do teor de macronutrientes.

4.6.3 Número de colmos e falhas

A contagem de colmos e a determinação da quantidade de falhas foi realizada antes da colheita (05/06/2020). Foram contados os colmos em 5 metros lineares das quatro linhas centrais, descartando-se dois metros de bordadura.

4.6.4 Produção de colmos

A determinação da produção de colmos foi realizada em 08/07/2020 por biometria, mediante o corte de 15 plantas seguidas nas quatro linhas centrais, para determinar a massa dos colmos. Posteriormente, os valores foram transformados para toneladas de colmos por hectare.

4.6.5 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Por ocasião da colheita foram retirados ao acaso 12 colmos de cana-de-açúcar das 4 linhas centrais excluindo a bordadura em cada parcela, eliminando-se o palmito e palha presentes nos mesmos. Após identificações e pesagens, os feixes foram enviados para laboratório, para realização da análise da qualidade tecnológica e determinação dos valores de Pol (%) cana; Pureza (%) cana,

Fibra (%) cana e a concentração e quantidade de açúcar total recuperável (ATR).

4.7 Análise Estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SISVAR (A COMPUTER STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, FERREIRA, 2011). Os resultados foram submetidos a ANOVA, constatado significância, as médias das fontes de N foram comparadas entre si pelo teste de F. Foi ajustado equação de regressão para as doses. Adotou-se significância a 1 e 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Disponibilidade de nitrogênio no solo

Os resultados das análises de solo referente a disponibilidade de N-nítrico ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) e de N-amoniaco (NH_4^+) no solo em resposta às doses e fontes de nitrogênio aplicados na cobertura da cultura da cana-de-açúcar, estão compilados na Tabela 3.

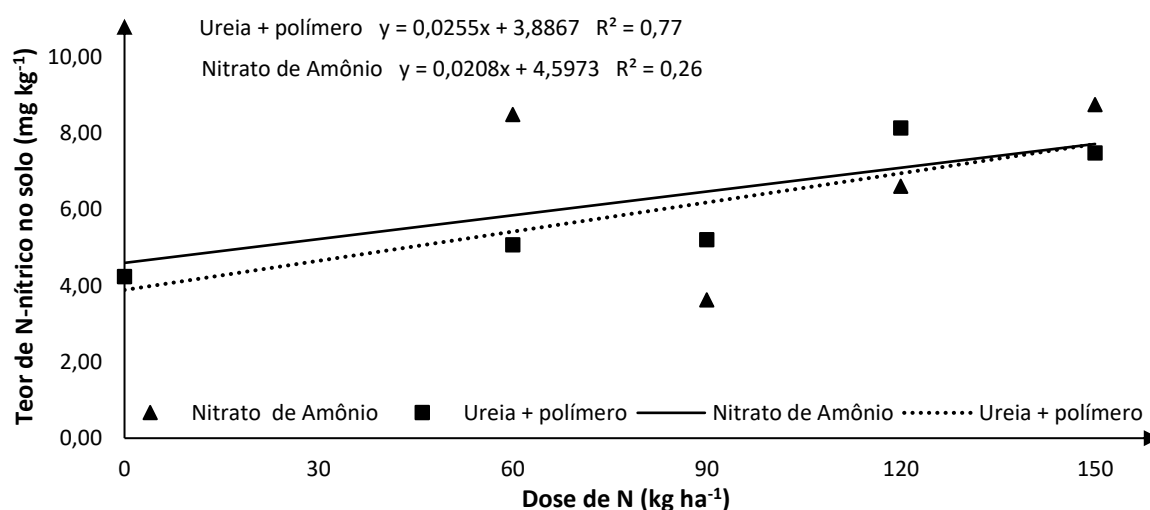
Tabela 3 - Teores de N-nítrico e de N-amoniaco no solo de 0 – 0,10m de profundidade em resposta a doses e fontes de nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar. Ouro Verde – SP, 2019/20.

Dose N (kg ha^{-1})	N-nítrico	N-amoniaco
	----- mg kg^{-1} -----	
0	4,24	18,39
60	4,77	17,66
90	5,75	16,95
120	6,91	18,09
150	7,13	18,05
Fonte		
Nitrato de Amônio	5,55	17,89
Ureia+polímero	5,97	17,76
Teste F		
Fontes de N (F)	1,33 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Doses de N (D)	10,18*	0,59 ^{ns}
F x D	8,71*	0,18 ^{ns}
Média Geral	5,76	17,83
CV (%)	19,58	11,46

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *, ** e ns. Significativa em $p < 0,05$, $p < 0,01$, e não significativo, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora.

A adubação nitrogenada não influenciou significativamente o teor de N-amoniaco no solo, que apresentou média de 17,83 mg kg⁻¹ (Tabela 3). Porém, o teor de N-nítrico (NO₃⁻+NO₂) na camada de 0-10 cm de profundidade do solo apresentou interação entre fonte e dose de nitrogênio, aumentando linearmente até a dose de 150 kg ha⁻¹ de N atingindo 7,13 mg kg⁻¹ (Figura 3). Na ausência da adubação o teor encontrado foi de 4,24 mg kg⁻¹. Miyazawa *et al.* (2016) observaram valores médios de N-amoniaco na camada de 0-10 cm de profundidade no solo de 155 mg kg⁻¹ para fonte de Ureia+policote, e para N-nítrico (NO₃⁻+NO₂) na camada de 0-10 cm de profundidade no solo de 19,87 mg kg⁻¹ para a fonte de Ureia+policote superiores aos observados neste trabalho. A grande dinâmica do nitrogênio no solo é conhecida e a variação entre os resultados devem estar relacionados a fatores como textura/porosidade do solo que afeta diretamente a oxidação de elementos químicos, bem como, o regime hídrico, matéria orgânica, ação microbiológica, entre outros.

Figura 3 – Teor médio de N-nítrico (NO₃⁻+NO₂) no solo na profundidade de 0 – 0,10 m em resposta a doses e fontes de nitrogênio via nitrato de amônio e Ureia+polímero em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.2 Estado nutricional da cana-de-açúcar

As faixas dos valores de macronutrientes considerados adequados para diagnose foliar para cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 4 (Raij *et al.*, 1996); Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997).

Tabela 4 - Teores de macronutrientes considerados adequados na diagnose foliar (folha +1) para cana-de-açúcar.

N	P	K	Ca	Mg	S
----- mg kg ⁻¹ -----					
19 - 21	2 – 2,4	11 - 13	8 - 10	2 – 3	2,5 – 3,5

Fonte: Raij *et al.* (1996); Malavolta; Vitti; Oliveira (1997).

Os teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio não foram significativamente influenciados pela adubação nitrogenada, apresentando médias de 20,6 mg kg⁻¹, 2,4 mg kg⁻¹, 3,4 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Os teores de nitrogênio e fósforo apresentaram valores considerados adequados, já os teores de cálcio apresentaram valores abaixo do considerado adequado de acordo com Raij *et al.* (1996); Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), Moura Filho *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2016) observaram valores de nitrogênio e fósforo superiores aos deste trabalho, enquanto que para os valores de cálcio foram observados valores abaixo do considerado adequado da mesma forma que os observados neste trabalho, devendo estar relacionado a redução do efeito residual do calcário aplicado por ocasião do preparo do solo para o plantio.

Tabela 5 - Teores de macronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar, submetida a doses e fontes de nitrogênio. Ouro Verde – SP, 19/20.

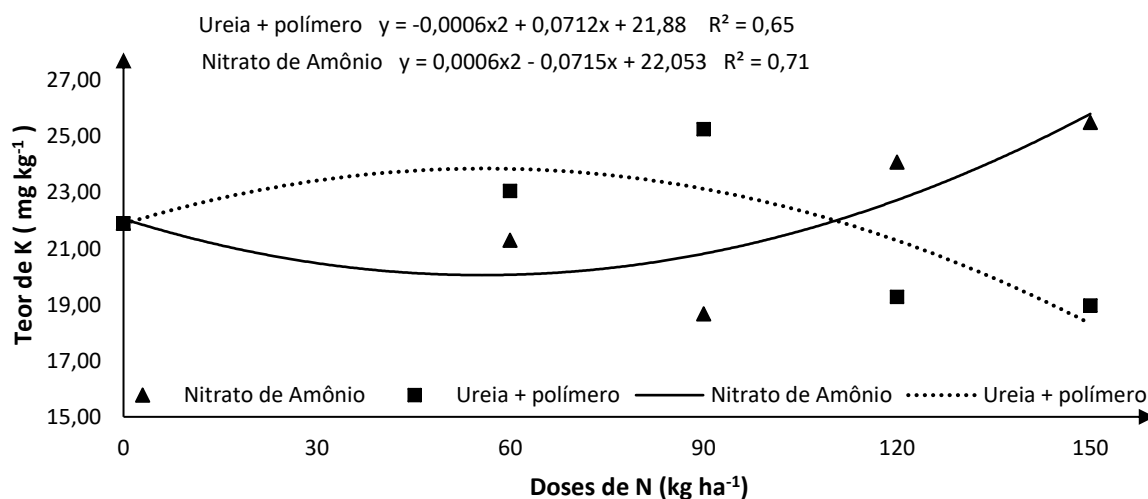
Dose N (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----mg kg ⁻¹ -----					
0	20,0	2,8	21,9	4,0	2,1	1,1
60	19,3	2,3	22,2	3,4	1,9	0,8
90	21,1	2,3	22,0	3,4	2,0	0,9
120	21,5	2,3	21,7	3,2	2,1	0,9
150	20,7	2,4	22,2	3,4	2,0	1,0
Fonte						
Nitrato de Amônio	21,1	2,4	22,4	3,4	2,0	0,9
Ureia+polímero	20,3	2,3	21,6	3,2	2,0	0,9
Teste F						
Fontes de N (F)	0,42 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Doses de N (D)	0,62 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,82 ^{ns}
F x D	0,24 ^{ns}	1,70 ^{ns}	6,70 ^{**}	1,60 ^{ns}	8,07 ^{**}	10,20 ^{**}
Média Geral	20,6	2,4	22,0	3,4	2,0	0,9
CV (%)	16,9	16,8	15,0	19,6	14,6	40,6

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *, ** e ns. Significativa em p<0,05, p<0,01 e não significativo, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora.

Os teores foliares de potássio (Figura 4), embora tenham apresentado interação entre os fatores, estão acima dos considerados adequados de acordo com Raij *et al.* (1996); Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), com tendência a apresentar maior concentração para as doses intermediárias de nitrogênio via Ureia+polímero, enquanto com a aplicação de nitrato de amônio os resultados foram opostos, com menores valores na faixa intermediária e valores mais elevados com as doses de N mais elevadas. Esses resultados evidenciam a necessidade de avaliações em cultivos sucessivos e distintas culturas para

confirmar se houve um efeito aleatório ou se as fontes e doses de N interferiram na absorção de potássio.

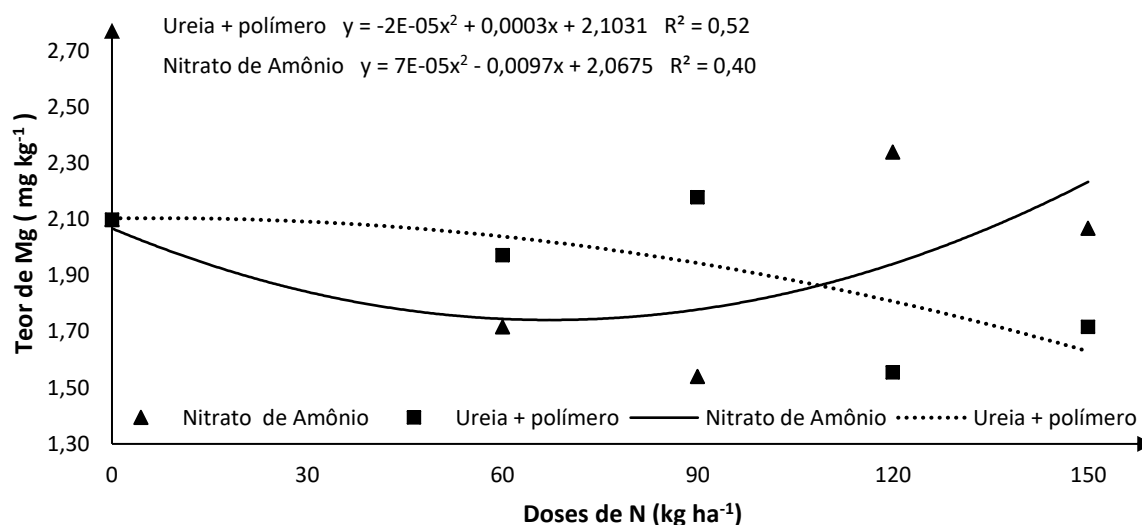
Figura 4 – Teor de potássio na folha diagnose de cana-de-açúcar em resposta a doses e fontes de nitrogênio via nitrato de amônio e Ureia+polímero. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao magnésio (Figura 5), os teores, para as fontes e doses avaliadas, apresentaram valores dentro da faixa considerada adequada de acordo com Raij *et al.* (1996); Malavolta; Vitti; Oliveira (1997). Embora tenha apresentado significância as regressões apresentaram baixo coeficiente de determinação e os valores ficaram dentro da mesma faixa de interpretação.

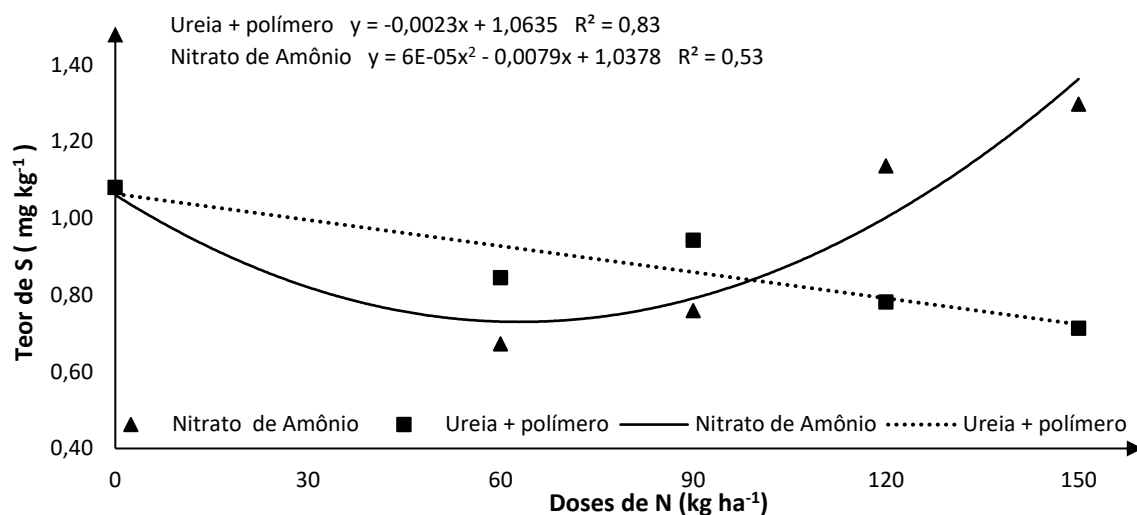
Figura 5 – Teor de magnésio na folha diagnose de cana-de-açúcar em resposta a doses e fontes de nitrogênio via nitrato de amônio e Ureia+polímero. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Elaborado pela autora.

Por sua vez, o teor de enxofre (Figura 6), para ambas as fontes, foi abaixo do considerado adequado de acordo com Raji *et al.* (1996); Malavolta; Vitti; Oliveira (1997). Com o aumento da dose de nitrogênio via Ureia+polímero o teor de enxofre reduziu a concentração, o que pode ser atribuído ao efeito diluição, pois o nitrogênio aumenta a atividade fisiológica e crescimento vegetativo. Moura Filho *et al.* (2013) observaram valores próximos aos observados neste trabalho, evidenciando a necessidade do planejamento de aplicar fertilizantes na adubação da soqueira com a presença de enxofre na composição.

Figura 6 – Teor de enxofre na folha diagnose de cana-de-açúcar em resposta a doses e fontes de nitrogênio via nitrato de amônio e Ureia+polímero. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

As faixas dos valores de Brix, ATR, Pol da Cana, Pureza da Cana e Fibra da Cana considerados adequados para qualidade tecnológica da cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 6 de acordo com Assis *et al.* (2004) e Ripoli e Ripoli (2004).

Tabela 6 – Parâmetros de qualidade tecnológica da Cana-de-açúcar considerados adequados.

Brix ¹	ATR ²	Pol ²	Pureza ²	Fibra ²
----- % -----				
15	> 15	> 14	80 - 87	11 - 13

Fonte: ¹Assis *et al.* (2004); ²Ripoli & Ripoli (2004).

Os valores médios de Brix, Pol, Pureza apresentaram valores médios acima do considerado adequado de acordo com Assis *et al.* (2004) e Ripoli e Ripoli (2004), a Fibra permaneceu dentro do considerado adequado de acordo com Assis *et al.* (2004). Nenhum parâmetro tecnológico citado foi influenciado significativamente pela adubação nitrogenada, apresentando médias de 20,7%, 18,5%, 89,5% e 11,5%, respectivamente, brix, pol, pureza e fibra (Tabela 7).

Tabela 7 – Parâmetros tecnológicos de colmos de cana-de-açúcar em resposta a doses e fontes de nitrogênio. Ouro Verde – SP, 19/20.

Dose N (kg ha ⁻¹)	Brix	Pol	Pureza	Fibra
----- % -----				
0	20,9	18,8	90,1	11,4
60	20,6	18,5	89,9	11,7
90	20,4	18,2	89,3	11,5
120	20,8	18,7	89,8	11,4
150	21,0	18,6	88,6	11,4
Fonte				
Nitrato de Amônio	20,7	18,5	89,2	11,5
Ureia+polímero	20,7	18,6	89,6	11,5
Teste F				
Fontes de N (F)	0,23 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Doses de N (D)	2,66 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,40 ^{ns}
F x D	1,42 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Média Geral	20,7	18,5	89,5	11,5
CV (%)	36,5	46,0	59,0	2,77

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *, ** e ns. Significativa em p<0,05, p<0,01 e não significativo, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores médios de número de colmos por metro linear, as concentrações de açúcar total recuperável por tonelada de cana-de-açúcar não

foram influenciadas significativamente pela adubação nitrogenada, apresentando valores médios de 12,7 colmos m^{-1} e 157 $kg\ t^{-1}$, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 – Número de colmos (NC), produção de açúcar total recuperável (ATR) e produtividade de colmos em resposta as doses e fontes de nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar. Ouro Verde – SP, 19/20.

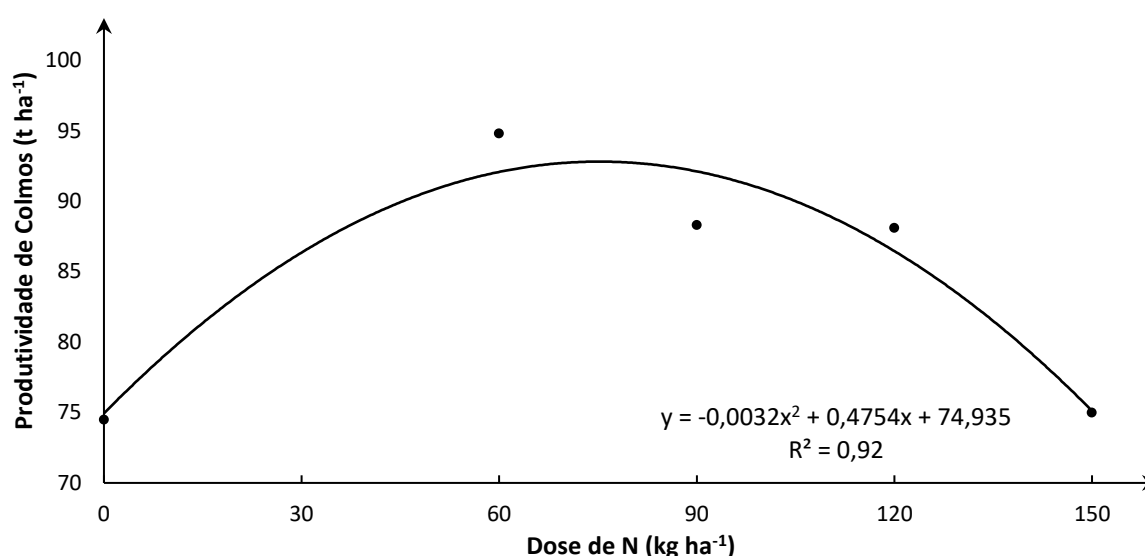
Dose N ($kg\ ha^{-1}$)	NC	ATR	Produtividade de colmos	ATR
	m^{-1}	$kg\ t^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	$kg\ ha^{-1}$
0	11,4	157,0	74,5	11749,7
60	13,7	156,4	94,8	13097,7
90	12,7	155,6	88,3	13372,4
120	13,5	159,7	88,1	14896,4
150	11,4	157,7	75,0	11981,3
Fonte				
Nitrato de Amônio	12,5	156,0	86,3	12524,7 b
Ureia+polímero	13,0	158,7	86,7	14149,2 a
Teste F				
Fontes de N (F)	0,67 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,01 ^{ns}	21,3**
Doses de N (D)	2,95 ^{ns}	1,19 ^{ns}	3,42*	11,6**
F x D	0,62 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,04 ^{ns}	10,2**
Média Geral	12,7	157,3	85,2	13160,5
CV (%)	13,6	2,25	14,9	7,57

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *, ** e ns: significativas em $p<0,05$, $p<0,01$ e não significativo, respectivamente. Fonte: Elaborado pela autora.

A produtividade de colmos aumentou significativamente com as doses de nitrogênio, não sendo influenciadas pelas fontes de nitrogênio (Figura 7). Na ausência da adubação nitrogenada a produtividade de colmos foi de 74,5 $t\ ha^{-1}$, atingindo a produtividade máxima de 92,6 $t\ ha^{-1}$ com a dose de 74,3 $kg\ ha^{-1}$ de N. Isto representou um aumento de 24% de produtividade, em relação ao tratamento controle (sem adubação nitrogenada). Na produtividade máxima de

colmos, a relação de toneladas de colmos/quilos de nitrogênio aplicado foi de 1,24/1, enquanto a eficiência de produção foi de 238,22 kg de colmos por quilo de N aplicado. Fortes *et al.* (2013) observaram que a taxa de incremento da produtividade de colmo em função do N tornou-se nula com 110 kg ha⁻¹. Importante destacar que a taxa de incremento de produtividade pode variar em função do corte, manejo, condições climáticas durante a avaliação.

Figura 7 – Produtividade de colmos de cana-de-açúcar em resposta à adubação nitrogenada. Ouro Verde – SP, 19/20.

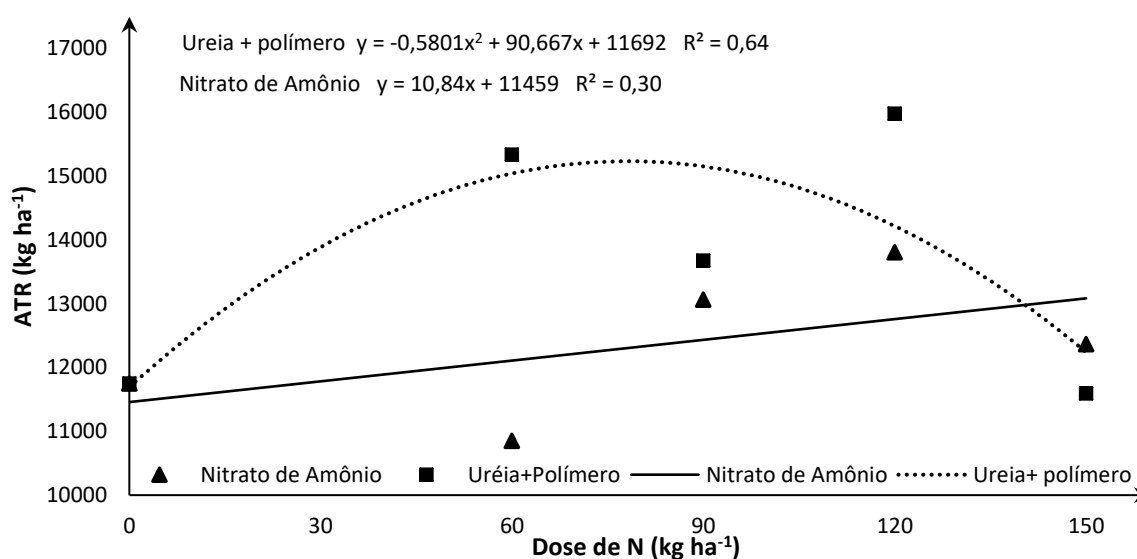


Fonte: Elaborado pela autora.

A quantidade de açúcar total recuperável produzida por hectare foi influenciada significativamente pela adubação nitrogenada, apresentando interação entre doses e fontes de fertilizantes (Tabela 8). A ATR aumentou com a adubação nitrogenada até os valores máximos de 15.235 kg ha⁻¹ utilizando ureia revestida com polímero a dose de 78,1 kg ha⁻¹ de N e de 13.085 kg ha⁻¹ utilizando nitrato de amônio com a dose de 150 kg ha⁻¹ de N (Figura 8). A produção máxima de ATR foi com nitrato de amônio representou 85,9% da máxima ATR obtida com

a ureia+polímero, utilizando quase o dobro de nitrogênio, comparado a ureia+polímero. Na produtividade máxima de açúcar/quilo de nitrogênio aplicado foi de 195/1 e a eficiência de produção foi de 44,6 kg de açúcar total recuperável por hectare por quilo de N aplicado via ureia+polímero (Figura 8).

Figura 8 – Quantidade de açúcar total recuperável (ATR) em resposta a fontes e doses de nitrogênio. Ouro Verde – SP, 19/20.



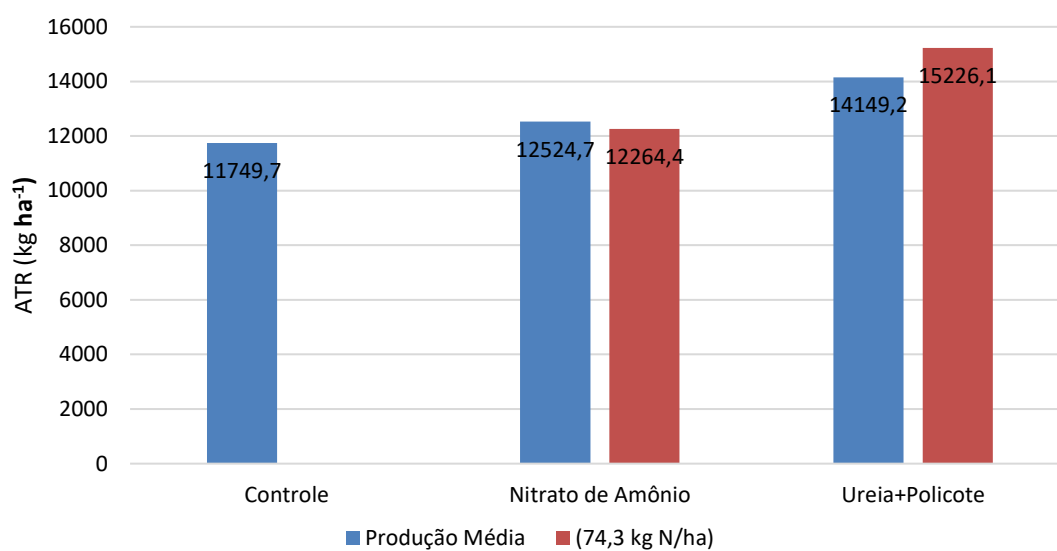
Fonte: Elaborado pela autora.

Em média, a ATR foi maior ao utilizar a ureia revestida com polímero (Figura 9). Na máxima TCH (74,3 kg N ha⁻¹), os valores observados de ATR1 para Ureia+polímero e Nitrato de Amônio foram de 15.226,1 e 12.264,4 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 9).

Para a concentração de açúcar total recuperável por toneladas não foi encontrado significância entre as fontes e doses, embora foi verificado na ausência de aplicação de nitrogênio valor de 159,27 kg t⁻¹, valores próximos foram encontrados por Oliveira (2013). Franco *et al.* (2010) observaram pequeno

decréscimo nos valores de ATR devido a aplicações crescentes de N em soqueiras.

Figura 9 – Produções médias de açúcar total recuperável (kg ha^{-1}) com a dose de 74,3 kg/ha de N observado no experimento. Ouro Verde – SP, 19/20.



Fonte: Elaborado pela autora.

6 CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada aumentou o teor de N-nítrico do solo na camada de 0-10 cm, com os maiores teores com a utilização de nitrato de amônio. A adubação nitrogenada não influenciou os teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre, o teor de amônio no solo na camada de 0 – 0,10 m, o número de colmos por metro linear e os teores de Brix, de Pol, de Pureza e de Fibra. Os teores foliares de magnésio e potássio apresentaram respostas diferenciadas em função das doses e fontes de nitrogênio. A ureia revestida com polímero apresentou maior eficiência na produção de açúcar total recuperável por unidade de nitrogênio fornecida em relação ao nitrato de amônio. A ureia revestida com polímero apresentou características de fertilizante de eficiência aumentada, proporcionando maior produção de ATR por hectare com menor dose de nitrogênio em relação ao nitrato de amônio. A produtividade média de colmos aumentou com a adubação nitrogenada, até 92,6 t ha⁻¹ com a dose de 74,3 kg ha⁻¹ de N.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, P. C. O.; LACERDA, R. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H. A. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 4, n. 2, p. 337-342, 2004.
- AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta: doses e fracionamento. **STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos**, Piracicaba, v. 6, p. 26-33, 1986.
- BARROS, R. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S.; FRANCO, M. O.; OLIVEIRA, T. S.; MENDES, G. A.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; CALDEIRA, L. A. Viabilidade econômica da substituição da silagem de sorgo por cana-de-açúcar ou bagaço de cana amonizado com uréia no confinamento de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 555-569, 2010.
- BLACK, E. C.; BROWN, R. H.; MOORE, R. C. Plant photosynthesis. *In*: DOBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLANDER, A. (ed.). **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. [S.l.: s.n.], 1978. p.95-110.
- CAHILL, S.; OSMOND, D.; WEISZ, V.; HEINIGER, R. Evaluation of alternative nitrogen fertilizers for corn and winter wheat production. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 102, n. 4, p. 1226-1236. 2010. DOI 10.2134/agronj2010.0095.
- CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., Londrina, 1999. **Anais** [...]. Londrina: Álcool Subprodutos, 1999. p.82-87.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, 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**, [S.l.], v. 65, p. 397-401, 2008.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. *In*: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), - 2010. v. 2. p. 5-72.

CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R. Fertilizers for sugarcane. *In*: CORTEZ, LAB (Ed.). **Sugarcane bioethanol: R&D for productivity and sustainability**. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. p. 405-422.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; 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**, [S.l.], v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011. DOI 10.5216/pat.v41i1.8146.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB835486 e SP813250. **STAB**. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 32- 36, 2006.

CORRÊA, C. E. S.; PEREIRA, M. N. OLIVEIRA, S. G. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, [S.l.], v. 60, p. 621-9, 2003.

COSTA, M. C. G.; VITTI G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], n. 27. p. 631-637, 2003.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e do amônio sobre o crescimento e a eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, [S.l.], v. 65, n. 3 p. 467-475, 2006. DOI 10.1590/S0006-87052006000300013.

DANCER, W.S.; PETERSON, L.A.; CHESTERS, G. Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatments. **Soil Science society of America Journal**, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 67-69, 1973.

DENMEAD, O. T.; FRENEY, J. R.; JACKSON, A. V. Volatilization of ammonia from urea and ammonium sulfate applied to sugarcane trash in North Queensland. **Proceedings Australian Society of Sugar Cane Technologists**, v. 12, p.72-78, 1990.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2005. 400 p.

ESPIRONELO, A. Contribuição do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) para a nutrição e adubação da cana-de-açúcar: I. Calagem, estudos iniciais, nitrogênio e potássio em cana-planta. **STAB**, Piracicaba, v. 7, n. 3-5, p. 17-28, 1989.

FAN, X.; LI, F.; LIU, F.; KUMAR, D. Fertilization with a new type of coated urea: evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v. 27, n. 5, p. 853-865, 2004. DOI 10.1081/PLN-120030675.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p.1039-1042, 2011.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. **Pesquisa agropecuária brasileira**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 88-96, 2013.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTO, R. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, p. 2763-2770, 2008a.

FRANCO, H.C.J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; SARTORI, R.H.; TRIVELIN, M.O. Acúmulo de nutrientes pela cana planta. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, [S.l.], v. 26, p. 47-51, 2008b.

FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OTTO, R. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, [S.l.], v. 67, n. 5, p. 579-590, 2010.

FREDEEN, A.L.; FIELD, C. B. Ammonium and nitrate uptake in gap: generalist and understory species of the genus Piper. **Oecology**, [S.l.], v. 92, p. 207-214, 1992.

GASCHO, G. J.; ANDERSON, D. L.; OZAKI, H. Y. Cultivar dependent sugarcane responso to nitrogen. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 6, p. 1064-1069, 1986.

GARCIA, P. L.; GONZÁLEZ-VILLALBA, H. A.; SERMARINI, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen use efficiency and nutrient partitioning in maize as affected by blends of controlled-release and conventional urea. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [S.l.], v. 64, n. 14, p. 1944-1962, 2018. DOI 10.1080/03650340.2018.1469746.

GHIBERTO, P. J.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; TRIVELIN, P. C. O. Leaching of nutrients from a sugarcane crop growing on an Ultisol in Brazil. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 96, p. 1443-1448, 2009.

GRESPLAN, S. L.; DIAS, L. E.; NOVAIS, R. F. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de Eucalyptus spp submetidas a deferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 22, p. 667- 674, 1998.

HART, C.E. Effect of potassium deficiency upon translocation of ¹⁴C in detached blades of sugarcane. **Plant physiology**, [S.l.], v. 45, p. 183-187, 1970.

HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C. S. **Adubação e manejo de pastagens**. Birigui: Boreal, 2014. 180 p.

HEINRICHS, R.; OTTO, R.; MAGALHÃES, A.; MEIRELLES, G. **Importance of sugarcane in brazilian and world bioeconomy**. Switzerland: Springer Nature, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2020. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>. Acesso em 14 out. 2020.

LIMA, E.; BODDEY, R. M.; DOBEREINER, J. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugarcane using a ^{15}N - aided nitrogen balance. **Soil Biology. Biochemistry**, [S.l.], v. 19, p. 165-170, 1987.

LOVENSTAIN, H.; LEFFELLAR, P. (Ed.). **Principals of production ecology**. Wageningen: University of Wageningen, 1993. 115 p. (Course Book F300-001).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARIANO E.; LEITE, J. M.; VIEIRA-MEGDA, M. X.; CIAMPITTI, I. A.; VITTI, A. C.; FARONI, C. E. F.; HENRIQUE, C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Biomass and nutrient content by sugarcane as affected by fertilizer nitrogen sources. **Crop Science**, v. 56, p. 1234–1244, 2016.

MATOS JR, D.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. V. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do nitrogênio inorgânico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 19, p. 423-431, 1995.

MCKENZIE, R. H.; MIDDLETON, A. B.; PFIFFNER, P. G.; BREMER, E. Evaluation of polymer-coated urea and urease inhibitor for winter wheat in southern Alberta. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 102, n. 4 p. 1210- 1216, 2010. DOI 10.2134/agronj2009.0194.

MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Teores de N-NH_4^+ no solo em função de fontes nitrogenadas: uréia e uréia revestida por policote. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. **Anais [...]** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. [CD-ROM]

MIYAZAWA, M.; COSTA, A.; GIL, L. G.; TISKI, I.; JUNIOR, R. A. R. Teores de N-Nítrico e N-Amoniacal em solo adubado com fontes de nitrogênio. *In*: CONGRESSO IBEROAMERICADO DE QUÍMICA ANALÍTICA Y ENCUESTRO

NACIONAL DE QUÍMICA AMBIENTAL, 6., 2016, Cancún. Anais [...]Cancún México, 2016.

MOURA FILHO, G., ALBUQUERQUE, A. W., MOURA, A. B., SANTOS, A.C.I., FILHO, M.S.O, da SILVA, L.C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 18, n. 11, p. 1102-1109, 2013. DOI 10.1590/1807-1929/agriambi.

MURTA, R. M.; CHAVES, M. A.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; ROCHA NETO, A. L.; EUSTÁQUIO FILHO, A.; SANTOS, P. E. F. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.], v. 40, p.1325-1332, 2011.

NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; FARIA, L. A.; LUZ, P. H. C.; MENDES, F. L. Ammonia volatilization from coated urea formas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, [S.l.], n. 37. p. 1057-1063, 2013.

NELSON, K. A.; PANIAGUA, S. M.; MOTAVALLI, P. P. Effect of polymer-coated urea, irrigation, and drainage on nitrogen utilization and yield of corn in a claypan soil. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 101, n. 3, p. 681-687, 2009. DOI 10.2134/agronj2008.0201.

NI, K.; PACHOSLSKI, A.; KAGE, H. Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], n. 197, p. 184–194, 2014.

NOELLSCH, A. J.; NOELLSCH, A. J.; MOTAVALLI, P. P.; NELSON, K. A.; KITCHEN, N. R. Corn response to conventional and slow-release nitrogen fertilizers across a claypan landscape. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 101, n. 3, p. 607-614, 2009. DOI 10.2134/ agronj2008.0067x.

NOVOA, R.; LOOMIS, R. S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**, [S.l.], v. 58, n. 1-3p. 177–204, 1981. DOI 10.1007/bf02180053.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A. L. B. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais** [...]. Viçosa: Funerb, 2006. p. 277-328.

OLIVEIRA, A.; CAMPOS, J.; VALADARES FILHO, S.; ASSIS, A.; TEIXEIRA, R.; VALADARES, R.; OLIVEIRA, G. Substituição do milho por casca de café ou soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.], v. 36, p. 1172-1182, 2007.

OLIVEIRA, A. P. P. **Atributos edáficos e adubação nitrogenada em cana de açúcar em tabuleiros costeiros**: respostas a sistemas de colheita com e sem queima da palhada. 2013. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

PINTO, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; MARQUES, J. A.; NASCIMENTO, W. J.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços terminados em confinamento com dietas à base de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 198-203, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P. G.; WOOD, A. W. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulfate applied to sugar cane crop residues. *In*: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 11., 1989, Mackay. **Proceedings** [...]. Mackay: Watson Fergunson, 1989.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 43, n. 1p. 34-41, 2013. DOI 10.1590/S1983- 40632013000100009.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. OUTRAS CULTURAS. *IN*: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 56-59. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

REIS JR, R. A.; COBUCCI, T.; SONEGO, D. Nitrogen fertilization of rice, common bean and corn with enhanced-efficiency fertilizer. **Brazilian Journal of Agriculture**, [S.l.], v. 94, n. 3 p. 196 – 210, 2019.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques, 2004. 302 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 531 p.

SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, D. C.; OLIVEIRA, T. B. A.; PEREIRA, M. G.; NOGUEIRA, C. H. C. Nutritional diagnosis of sugarcane varieties in a Yellow Oxisol during three agricultural seasons. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 12, p. 50-57, 2017. DOI 10.5897/AJAR2016.11865.

SILVEIRA, J. A. G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento de cana-de-açúcar (*saccharum spp*) cultivada em condições de campo**. 1985. 152 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

SPIRONELLO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P.; RAMOS, M. T. B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p.247-268, 1987.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro norte do Estado de São Paulo. **STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 6, p. 38-42, 2007.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

THORBURN, P.J.; MEIER, E.A.; PROBERT, M.E. Modelling nitrogen dynamics in sugarcane systems: Recent advances and applications. **Field Crops Research**, v. 92, p. 337- 351, 2005.

TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, M.W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte I: Estabilidade química da mistura. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v. 16, n. 2, p. 26-29, 1997.

VASCONCELOS, J. N. Derivados da cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 16-18, 2002.

VIEIRA-MEGDA, M. X.; MARIANO, E.; LEITE, J. M.; FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C.; MEGDA, M. M.; SAEED A. K.; MULVANEY, R. L.; TRIVELIN, P. C. O. Contribution of fertilizer nitrogen to the total nitrogen extracted by sugarcane under Brazilian field conditions. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 101, n. 2, p. 241–257, 2015. DOI 10.1007/s10705-015-9676-7.

WILSON, M. L.; ROSEN, C. J.; MONCRIEF, J. F. Potato Response to a Polymer-Coated Urea on an Irrigated, Coarse-Textured Soil. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 101, n. 4 p. 897-905, 2009. DOI 10.2134/agronj2008.0192x.

WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 20 p. 69-85, 1991.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. 722 p.

ZAMBELLO JÚNIOR, E; AZEREDO, D.F. Adubação na região Centro Sul. *In*: ORLANDO FILHO, J. (Coord). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p. 289-313.

ZANÃO JR, L. A.; COSTA, A.; REIS JR, R. A.; LAURETH, J. C. U. Nitrogen fertilization of maize with enhanced-efficiency fertilizer. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 13, n. 8 p. 1383-1387, 2019. DOI 10.21475/ajcs.19.13.08.p1625.