

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE UREIA COM DIFERENTES
TECNOLOGIAS NA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR

EVERTON PINTO AGUIAR

Uberlândia-MG

Dezembro-2017

EVERTON PINTO AGUIAR

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE UREIA COM DIFERENTES
TECNOLOGIAS NA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
curso de Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Hamilton Seron Pereira

Uberlândia-MG

Dezembro-2017

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Tipo de fertilizante, dose de N e teor de N nos produtos utilizados em cada tratamento.	15
TABELA 2: Quantidade de perfilhos por metro em função da aplicação de fontes e doses de N.	18
TABELA 3: Açúcar teórico recuperável (ATR) em função da aplicação de fontes e doses de N.	19
TABELA 4: Nitrogênio foliar em função da aplicação de fontes e doses de N.	19
TABELA 5: Teor de clorofila A, B e total em função da aplicação de fontes e doses de N.	20
TABELA 6: Produtividade de cana soqueira em função da aplicação de fontes e doses de N.	21
TABELA 7: Quantidade de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de fontes e doses de N.	22
TABELA 8: Equivalente em nitrato de amônio para diferentes fontes nitrogenadas em soqueira de cana-de-açúcar.	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Mercado nacional e internacional.....	7
2.2 Histórico e tecnologias de cultivo da cana-de-açúcar.....	7
2.3 Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar	8
2.4 Volatilização da amônia	10
2.5 Lixiviação do nitrato	11
2.6 Tecnologias de fertilizantes nitrogenados	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	25

RESUMO

A cana-de-açúcar vem sofrendo várias modificações em seu manejo sendo a colheita mecanizada a principal alteração operacional, deixando grande quantidade de palha sobre a superfície. A aplicação nitrogenada em superfície sobre a palha, pode causar perdas de até 50% do N aplicado por volatilização e até 70 % por lixiviação, dependendo das condições do solo. Este trabalho avaliou a eficiência de ureias com diferentes revestimentos como fonte de N para soqueira de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e 8 tratamentos, totalizando 32 parcelas. Os tratamentos foram nitrato de amônio nas doses 50, 100 e 150 kg de N, ureia convencional, ureia + NBPT, ureia + NBPT + DCD e ureia + polímero, todas na dose 100 kg de N e uma testemunha, sem aplicação de N. Foram avaliados número de perfilhos por metro, clorofila A, B e total, teor de N foliar, açúcar teórico recuperável (ATR), quantidade de colmos (TCH) e açúcar (TAH) por hectare. As fontes de N não diferiram para perfilhos por metro, ATR e teor de N foliar. Para clorofila total ureia + polímero apresentou melhor resultado, enquanto que para TCH e TAH, nitrato de amônio na dose 150 kg de N, apresentaram melhores resultados. Para equivalente em nitrato, as fontes ureia + polímero e ureia + NBPT, foram mais eficientes quanto ao nitrato de amônio na mesma dose.

Palavras chave: lixiviação, volatilização, produtividade.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é constituinte de cerca de 1% da matéria seca total da cana-de-açúcar e está diretamente ligado a biossíntese de aminoácidos essenciais, enzimas, clorofila e produção de carboidratos, é o nutriente mais absorvido pela planta, ficando atrás apenas do potássio. A adubação nitrogenada é de grande importância durante todo o ciclo da cultura. A cana-de-açúcar necessita diretamente do N para formação inicial da cultura (cana planta), que vai do momento em que a planta emerge até o fechamento das entre linhas do canavial, aproximadamente cinco meses após o plantio, dependendo do manejo adotado na área. A soqueira da cana-de-açúcar também exige grandes quantidades de N para reiniciar seu desenvolvimento após o primeiro corte e é imprescindível para o aumento de produtividade e longevidade do canavial.

Após a implementação da colheita sem despalha ao fogo, o manejo da adubação nitrogenada necessitou de grandes estudos para essa prática, devido à grande quantidade de palha deixada sobre o solo, o que eleva quantidade de N perdida do sistema solo-planta.

As perdas de N do sistema acontece por várias formas, sendo as duas principais perdas por volatilização e lixiviação. A volatilização ocorre na superfície do solo, catalisada pela enzima urease, e as perdas podem chegar a 50% do N aplicado via fertilizante (TRIVELIN et al., 2002; CANTARELLA et al., 2003, 2008). A lixiviação ocorre devido a grandes quantidade de N na forma de nitrato (NO_3^-) presente na solução do solo, que apresenta baixa taxa de adsorção aos colóides e são carregadas para fora do alcance do sistema radicular da planta pela água em excesso.

Por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura e a necessidade na redução das perdas por volatilização, a ureia tornou-se o fertilizante nitrogenado amplamente utilizado na produção de fertilizantes revestidos para controle de perdas de N.

Várias são as tecnologias empregadas para evitar as perdas de N através dos processos citados. Os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada podem ser divididos em três principais grupos, fertilizantes nitrogenados estabilizados, liberação lenta e liberação controlada. O uso desses fertilizantes devem reduzir as perdas de N em sistemas agrícolas e proporcionar aumento na produtividade e rentabilidade, tornando economicamente viável e ecologicamente sustentável.

Com isso o presente trabalho objetivou-se avaliar a eficiência do fertilizante ureia com diferentes tecnologias na soqueira de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL

A cana-de-açúcar pode ser cultivada em clima tropical e subtropical, que garante seu plantio em diversos países e é de grande importância econômica e mundial. A partir da cana são produzidos produtos como açúcar, etanol e a cogeração de energia elétrica.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A área plantada na safra 16/17 foi de aproximadamente 9,04 milhões de hectares, e as projeções para safra 17/18 terá pequeno decréscimo para 8,83 milhões de hectares. Com produção esperada de 647,6 milhões, uma redução de 9% em relação à safra anterior de 657,1 milhões de toneladas, safra 16/17, com produtividade de 73 toneladas por hectare (CONAB, 2017). Importante cultura dentro do cenário agroindustrial brasileiro a cana-de-açúcar é atualmente uma das melhores alternativas como fonte de energia renovável (BATISTA, 2013).

A colheita nas regiões centro oeste, sudeste e sul ocorrem de maio a novembro, enquanto que para o norte e nordeste a colheita é realizada de setembro a março. Na safra 2015/2016 a região brasileira de maior produção de cana-de-açúcar foi a região sudeste com cerca de 65,8% da produção nacional, em seguida a região centro oeste com 19,7%, nordeste com 7,2%, sul com 6,7% e a região norte com 0,5% da produção (CONAB, 2017).

Segundo Moraes et al. (2015) na Índia, segundo maior produtor mundial, a cana-de-açúcar é a cultura de maior importância comercial e industrial, com cerca de 5 milhões de hectares plantados. A produtividade indiana é de aproximadamente 65 toneladas por hectare (USDA, 2013). Em terceiro lugar, a China, com 1,8 milhões de hectares de cana e com produtividade de 66,5 toneladas por hectare (FAO, 2015).

2.2 Histórico e tecnologias de cultivo da cana-de-açúcar

De grande importância econômica para o Brasil, a cana-de-açúcar é a gramínea capaz de fornecer matéria prima para a fabricação de açúcar e etanol, e exerce grande influência no mercado interno e externo. A biomassa da cultura da cana-de-açúcar é composta de três partes principais: caldo, fibra e folhas, cada um com um terço da constituição. O bagaço e palha são originados do colmo e das folhas, e originam as fibras. O açúcar e o etanol são obtidos através do caldo, extraído dos colmos (VIEIRA, 2013). A agroindústria canavieira brasileira é altamente tecnológica e de qualidade, e apresenta baixos custos e com bom potencial de aumento da produção (VIANA et al., 2012).

Uma nova conjuntura no setor produtivo da cana-de-açúcar, teve início na década de 1980 com o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), para amenizar os efeitos da crise do petróleo na década anterior (SANTOS, 2011). Entre 1970 e 1990, deu início a produção de etanol anidro para adição à gasolina e também o aumento significativo na produção de etanol hidratado para utilização em carros de passeio com motores movidos a etanol, modificando a agroindústria canavieira no Brasil (MORAIS, 2000).

Fatores como o advento dos carros com motores “flex” impactaram na demanda por combustíveis no Brasil a partir dos anos 2000. A escolha do consumidor entre gasolina e etanol, promoveu uma nova situação para o mercado de combustíveis no país (SOUZA, 2010).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, os Estados Unidos da América é o maior produtor mundial de etanol, a partir do milho. O Brasil, atingiu na safra 16/17 cerca de 27,8 milhões de litros de etanol, enquanto que na safra 15/16 foram 30,4 milhões, diminuição de cerca de 8%, as perspectiva para a safra 17/18 também é de queda na produção e está estimada em 26,4 milhões de litros (CONAB, 2017).

O processo de mecanização das lavouras, promoveu um aumento na utilização da biomassa produzida pela cultura, ou seja, com aumento da mecanização da colheita de cana-de-açúcar, e a redução no uso de fogo para colheita, aumentou significativamente a quantidade de palha. Assim a biomassa produzida na colheita pode ser usada como cobertura nas áreas de próximos cultivos, ou se utilizada na cogeração de energia, como combustível complementar para as caldeiras convencionais de alta pressão, no aumento na geração de energia pelas unidades usineiras ou também na produção de etanol de segunda geração, ou etanol celulósico (VILLELA, et al., 2015).

2.3 Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar

A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente relacionada ao fornecimento de N, sendo esse nutriente limitante à produtividade e longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar (VITTI, 2003). Por estar em processos fisiológicos essenciais da planta, o N é um dos nutrientes mais importantes e requeridos pela cultura. (MIFLIN; LEA, 1976).

O N é precursor de proteínas e está presente na clorofila, também controla o uso de carboidratos e o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta. Quando em deficiência a planta apresenta sintomas como: as folhas mais velhas tornam-se estreitas e as lâminas amareladas e/ou internódios curtos e também perfilhamento reduzido. Por outro lado quando em grandes quantidades no solo o N faz com que as plantas permaneçam em crescimento vegetativo, reduzindo a produção de sacarose (SILVA, 2012).

A adubação nitrogenada é uma das práticas de manejo amplamente estudadas na cana-de-açúcar, pois estudos sobre a dinâmica do N na cultura apresentam resultados variáveis e diversas vezes até contraditórios (KORNDORFER et al., 2002). Em estudos levantados a partir de trabalhos, por Cantarella et al. (2007), somente 30% dos trabalhos mostram resposta da cana planta para adubação nitrogenada.

Um dos maiores problemas enfrentados na cana-de-açúcar é a adubação nitrogenada que apresenta baixa recuperação pela cultura do nutriente, cerca de 10 a 40%. O restante que não foi utilizado pode permanecer no solo, ser incorporado como matéria orgânica ou ser perdido pelos processos de volatilização ou lixiviação (HARTEMINK, 2008).

A resposta de cana planta ao N normalmente é pequena e ocorre com uso de pequenas doses (FRANCO et al., 2010; FORTES et al., 2013; PENATTI, 2013). Várias são as possibilidades para explicar as baixas respostas, segundo Zambello Junior e Orlando Filho (1981), a adubação nitrogenada para cana planta não é necessária devido a maior fixação biológica presente no solo e a grande quantidade de N disponibilizada via mineralização da matéria orgânica, restante de outras culturas ou mesmo da própria cana.

Outros autores relatam que a baixa resposta também está relacionada a mineralização da matéria orgânica, contudo também às épocas de aplicação dos fertilizantes e às perdas por lixiviação e desnitrificação também interferem no aproveitamento de N pela planta (CANTARELLA; RAIJ, 1986; DEMATTÊ, 1997). No entanto, segundo Oliveira et al. (2012), não foram observadas perdas por lixiviação de N aplicado via fertilizantes mas somente daquele oriundo de restos culturais, identificado fora da camada de 0-30 cm do solo, ou seja, fora da zona de expansão do sistema radicular.

Nas soqueiras as condições são mais favoráveis ao aproveitamento de N pela planta, devido às altas produtividades anteriores e aplicação de baixas doses de fertilizantes nitrogenados na cana planta (PENATTI, 2013). Segundo Vitti e Trivelin (2011) a grande quantidade de palha deixada sobre o solo, imobiliza parte do N, evidenciando sua aplicação na forma mineral em soqueira.

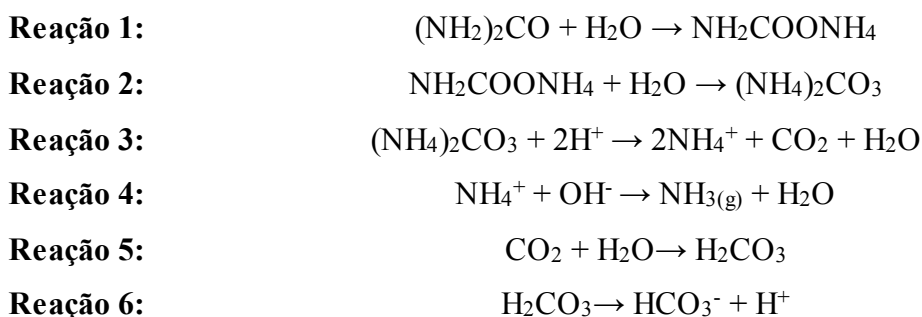
Quando aplicados fertilizantes nitrogenados em superfície, as perdas por volatilização podem chegar a 50%, devido à alta atividade da enzima urease na superfície. As perdas são em média de 20 a 50% do N aplicado (TRIVELIN et al., 2002; CANTARELLA et al., 2003, 2008), sendo a volatilização aumentada devido a presença de resíduos que ampliam a atividade da urease (TASCA et al., 2011). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, devido à alta concentração de N, que diminui os custos com transporte, armazenamento e

aplicação. No entanto quando aplicada em superfície ocorrem perdas de amônia por volatilização (ROCHETTE et al., 2009).

2.4 Volatilização da amônia

Para a adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar, colhidas sem queima prévia, se faz necessário o uso de fontes nitrogenadas que apresentem menores perdas por volatilização, pois a presença da palha no local, dificulta a incorporação do adubo ao solo, elevando a quantidade de N perdido (FRANCO et al., 2007; ROCHETTE et al., 2009).

As reações de perdas por volatilização da ureia são apresentadas a seguir (TASCA et al., 2011, TRENKEL, 2010):



A primeira reação ilustra a hidrólise da ureia, com ação catalítica da enzima urease, resultando em um composto intermediário o carbamato de amônio ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$). Em seguida, ocorre segunda reação, o carbamato de amônio se transforma em carbonato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), em meio aquoso, na terceira reação o carbonato é rapidamente decomposto em amônio (NH_4^+), dióxido de carbono e água, devido ser instável em meio ácido. Na reação 4 a molécula de amônio reage com hidroxila, formando a amônia que é altamente volátil (STEVENSON, 2008).

Outros fatores que interferem na volatilização da amônia a partir da ureia são: pH do solo, capacidade de troca de cátions (CTC), atividade da urease, temperatura ambiente, umidade do solo durante a aplicação do fertilizantes, chuvas após aplicação, matéria orgânica do solo (SANGOI et al., 2003; TASCA et al., 2011).

Segundo TRIVELIN et al. (1994) o pH altera o equilíbrio de NH_4^+ e NH_3 na solução do solo, fato visto pelas reações anteriores, sendo que o aumento do pH eleva a produção de amônia, que apresenta elevado potencial de volatilização. Temperaturas elevadas aceleram o processo de hidrólise da ureia, elevando as taxas de volatilização (LIGTHNER; MENGEL; RHYKERD, 1990). As incidência de chuvas após aplicação carrega o adubo nitrogenado e o

incorpora no solo, diminuindo o processo, uma vez que a urease tem maior atividade na superfície da palha. Porém se houver pouca chuva, insuficiente para incorporação do adubo ao solo, acarretará o aumento da hidrólise e consequente elevação nas perdas por volatilização (FRENEY et al., 1991). Se aplicada a ureia sobre solos secos as perdas diminuem em comparação à aplicação em solos úmidos (DUARTE et al., 2007), fato também encontrado por Costa; Vitti e Cantarella (2003), onde precipitações ocorridas antes da aplicação, tornando o solo úmido elevaram as perdas de N.

2.5 Lixiviação do nitrato

O nitrato (NO_3^-) presente na solução do solo, resulta diretamente de dois processos: mineralização da matéria orgânica ou aplicação de fertilizantes nitrogenados. Na solução do solo o nitrato pode seguir várias rotas, podendo ser absorvido pelas raízes da plantas, imobilizado pela microbiota do solo ou lixiviado. Por apresentar carga negativa, o nitrato não é facilmente adsorvido aos colóides do solo, ficando em maior concentração na solução, se não absorvido, nem imobilizado o nitrato será facilmente lixiviado (PRIMAVESI et al., 2006). Correa et al. (2006) observaram que quando em solo argiloso, cerca de 20% do nitrato foi perdido na zona superficial até os 20 cm de profundidade, já em solo arenoso, esse valor passou a ser de 42 a 72%. Segundo Meisinger; Calderón; Jenkinson (2008) as perdas por lixiviação representam cerca de 10 a 30% do nitrato adicionado ao solo.

O nitrato somente pode ser adsorvido por superfícies com cargas positivas, por ligações eletrostática e depende exclusivamente do balanço de cargas presente no solo (POZZA et al., 2009). Em solos com menores teores de matéria orgânica e intemperismo avançado, a tendência é de apresentarem cargas positivas é maior, dificultando assim a percolação do íon no perfil do solo (ARAÚJO et al., 2004; POZZA et al., 2009).

2.6 Tecnologias de fertilizantes nitrogenados

Fertilizantes de eficiência aumentada são fertilizantes que geram melhores resultados em eficiência agrônômica em comparação com fertilizantes nitrogenados convencionais (CANTARELLA, 2007; HALL, 2005; TRENKEL, 2010; TIMILSENA et al., 2014). Os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada são classificados em três grupos distintos, conforme a tecnologia empregada durante seu processo de produção, que são: estabilizados, liberação lenta e liberação controlada (GUELF, 2017). Esses fertilizantes têm como objetivo

principal diminuir as perdas de N do sistema solo-planta-atmosfera e melhor disponibilizá-los para as plantas (SHAVIV, 2005).

O fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura mundial é a ureia, e por apresentar alta concentração de N, passou a ser utilizado como fonte de produção de fertilizantes estabilizados e de liberação lenta e controlada (GUELF, 2017). Fertilizantes nitrogenados convencionais mais conhecidos e utilizados comumente na agricultura são o sulfato de amônio, o nitrato de amônio e a ureia.

O utilização de revestimento de ureia com diferentes materiais e estabilizantes pode reduzir a taxa de perdas de N do ambiente de cultivo. Contudo o custo dessa tecnologia torna-se três a quatro vezes mais cara que o fertilizante convencional, e é necessário a avaliação da necessidade do uso, a viabilidade econômica e a correta dose a ser aplicada (PORTUGAL, 2012). Fertilizantes estabilizados são fontes de N, normalmente ureia, aos quais são adicionados, durante o processo de fabricação, aditivos para a estabilização do N. Há dois tipos de estabilizantes: inibidores de urease (NBPT, hidroquinona, cobre, boro) e inibidores de nitrificação (DMPP, DCD, tiosulfato de amônio, nitrapyrin) (GUELF, 2017).

Segundo Cantarella (2008), os inibidores de urease apresentam grande potencial de uso, uma vez que diminuem a volatilização da amônia, reduzindo as perdas de N. Portanto o nutriente permanece mais tempo no solo, aumentando a possibilidade de ser incorporado pela precipitação pluvial e ser absorvido pela planta. A produção desses fertilizantes com aditivos é demorada e cara, devido que tais produtos devem apresentar característica ideais para uso, tais como, não provocar efeitos prejudiciais na fertilidade do solo, não apresentar toxidez no solo, nem para animais e seres humanos (TRENKEL, 2010).

Os compostos capazes de se ligarem a enzima urease são compostos que apresentam estruturas análogas à molécula de ureia. Esses compostos são do grupamento amida da phosphoryl diamida e phosphoryl triamida, que são similares a ureia, e não são substratos da enzima. Então esses compostos se ligam aos sítios da urease, ocupando-os por tempo indeterminado, podendo posteriormente ocorrer degradação da molécula análoga (DOMINGUEZ et al. 2008).

Os inibidores de lixiviação tem função de retardar o processo oxidativo do NH_4^+ no solo, devido a diminuição das atividades das bactérias do gênero *Nitrosomonas*, atuantes na primeira fase do processo de nitrificação, porém na segunda fase, onde atuam bactérias do gênero *Nitrobacter*, nada é alterado (BARTH, 2009).

Estudos revelam que o retardo do processo de nitrificação pode ocorrer por alguns dias ou semanas, porém pode não ser significativo após meses (GIRAUD et al., 1989). Diversos

fatores como matéria orgânica, temperatura, pH, textura e umidade do solo, interferem diretamente na eficiência dos inibidores de nitrificação (KELLIHER, et al. 2008; IRIGOYEN et al. 2003; PRASAD e POWER, 1995; BARTH et al, 2001). Vários compostos existem no mercado, como Nitrapyrin (2-cloro-6-triclorometil piridina), DCD (Dicianodiamida), DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato), Tioureia (GUELF, 2017).

Os fertilizantes de liberação lenta, começaram a ser desenvolvidos em 1924, foram inicialmente os primeiros no mercado, são quimicamente modificados, não possuem revestimento e tem como princípio a redução da solubilidade das frações de N presentes na composição, (TRENKEL, 2010; AZEEM et al, 2014; YAMAMOTO et al, 2016; NEYMAN; DERR, 2002). O produto final é formado pela mistura de ureia e cadeias poliméricas como, acetaldeído, isobutiraldeído ou formaldeído e a liberação lenta depende da decomposição das cadeias dos polímeros em CO₂ e NH₃ pela atividade microbiológica, no entanto textura, pH, umidade e temperatura do solo afetam a decomposição e a liberação do N para o meio (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003). Exemplos de produtos de liberação lenta, além da ureia formaldeído, são a IBDU e a CDU. O primeiro é formado pela reação do isobutiraldeído com a ureia, tem como vantagem, em relação a ureia formaldeído a não formação de polímeros com composição química indefinida, com tamanhos de cadeia e grau de polimerização uniformes, o que garante uniformidade na liberação do N. O CDU é formado pela reação do acetaldeído e a ureia, sua decomposição é mais demorada que a IBDU, principalmente em solos ácidos. Da mesma forma que com o IBDU a liberação do nutriente depende, além dos demais fatores, do tamanho da partícula (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003).

O fertilizantes de liberação controlada, são formados no processo de granulação ou perolamento de fertilizantes convencionais, como a ureia, e o revestimento tem como função controlar a penetração de água, dissolução e a duração do tempo para liberação do nitrogênio do fertilizante. Outras vantagens são também a diminuição dos risco de empedramento, formação de pó, higroscopicidade e maior uniformidade dos grânulos e também a possibilidade de outros nutrientes como fósforo e potássio (GUELF, 2017). Segundo Naz e Sulaiman (2016), para ser considerado um fertilizante de liberação controlada o fertilizante deve liberar no máximo 15% do N total após 24 horas, 75% do total de N em 28 dias. Esses critérios são especificações e garantias que devem ser disponibilizadas pelo fabricante.

Os fertilizantes nitrogenados de liberação controlada podem ser divididos em três grupos: revestidos com enxofre elementar, revestido com enxofre elementar e polímeros e revestido somente com polímeros. No primeiro grupo a liberação é controlada pela qualidade do revestimento, atividade microbiológica que oxida o S⁰, pH, temperatura e umidade do solo

(SHIRLEY JR; MELINE, 1975; TRENKEL, 2010; AZEEM et al., 2014). O segundo grupo como é a interação entre enxofre elementar (S^0) e polímeros os fatores que interferem na liberação são água no estado vapor, umidade, temperatura, umidade do solo, atividade microbológica, porém o vapor de água é primariamente importante devido ao fato do revestimento externo do grânulo ser composto pelo polímero para corrigir desuniformidade da camada de S^0 (DETRICK, 1997; LIU et al., 2008).

O terceiro grupo, revestido somente por polímero, tem sua liberação controlada pela água, principalmente na forma de vapor, que condensa dentro do grânulo dissolvendo parte do mesmo, aumentando a pressão dentro do revestimento, desencadeando dois processos, o rompimento do revestimento e liberação imediata do nutriente ou a liberação por difusão através da membrana em função do gradiente de concentração. Outros fatores importantes também são umidade e temperatura (NAUZ; SULAIMAN, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área comercial de cana-de-açúcar, na Usina Bioenergética de Aroeira, Tupaciguara, MG.

O clima onde está situado o experimento é Tropical, a classificação climática segundo Koppen e Geizer é do tipo Aw, com duas estações bem definidas, inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, A temperatura média anual está em torno de 21,8 °C, com pluviosidade média anual de 1409 mm, altitude de 896 m.

Nessa área, a instalação do experimento se deu na fazenda São José, no talhão 2, em área plantada com a variedade RB 855156 (segundo corte, estágio fenológico de brotação). Essa variedade apresenta elevada brotação de soqueiras, colmos de diâmetro fino, alta precocidade e porte médio.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições totalizando 32 parcelas. Cada parcela era constituída de 5 linhas espaçadas de 1,5 metros, cada linha com 10 metros de comprimento, totalizando uma área por parcela de 75 m²

Os tratamentos foram constituídos de 4 tipos de ureia, aplicados de modo a fornecer 100 kg ha⁻¹ de N, as quais diferem entre si, principalmente, pelo tipo de revestimento. O nitrato de amônio foi utilizado como padrão e aplicado para fornecer 50, 100, 150 kg ha⁻¹ de N e além disso, usou-se também uma testemunha sem aplicação de N. Os tratamentos são apresentados na tabela a seguir (Tabela 1):

Tabela 1: Tipo de fertilizante, dose de N e teor de N nos produtos utilizados em cada tratamento.

	Tratamentos	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Teor de N no fertilizante (%)
1	Testemunha	0	0
2	Nitrato de amônio (30-00-01 + 1% Ca)	50	30
3	Nitrato de amônio (30-00-01 + 1% Ca)	100	30
4	Nitrato de amônio (30-00-01 + 1% Ca)	150	30
5	Ureia Convencional	100	45
6	Ureia + NBPT	100	45
7	Ureia + NBPT + DCD	100	45
8	Ureia + polímero	100	38

NBPT: inibidor de volatilização; DCD: inibidor de nitrificação.

A aplicação dos tratamentos foi realizada juntamente com P e K, seguindo a recomendação da usina para a área. As doses de P e K foram idênticas para todas as parcelas

do experimento da Usina Aroeira, que receberam 60 Kg e 180 Kg, por meio de Super fosfato triplo (45% de P_2O_5) KCl (60% de K_2O), respectivamente.

A instalação do experimento ocorreu no dia 09 de dezembro de 2016 e a aplicação dos fertilizantes foi realizada manualmente, linha por linha de cada parcela, em faixa de aproximadamente 50 cm, sobre a palha e a brotação da soqueira da cana-de-açúcar.

As avaliações, número de perfilhos por metro, teor de clorofila e nitrogênio foliar foram realizadas aos 99 dias após aplicação (DAA) e produção de colmos e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar aos 181 DAA.

Os número de cana por metro ou perfilho por metro, foi calculado a partir da contagem manual, dos perfilhos existentes ao longo dos 10 metros de cada uma das três linhas centrais da parcela e após transformado para perfilhos por metro.

Foram avaliados os teores de Clorofila A e B e total. A leitura foi realizada com auxílio do Clorofilog (FALKER), realizando duas leituras por linha da parcela, totalizando 10 leituras por parcela. Foram selecionadas plantas aleatoriamente e as leituras foram realizadas nas folhas TVD (Top Visible Dewlap).

Foram coletadas duas folhas TVD de cada linha da parcela, retirando-se a nervura central e utilizando o terço médio do limbo foliar. Após a coleta, foram devidamente armazenadas e enviadas para o laboratório de análise foliar da Universidade Federal de Uberlândia, segundo metodologia de Cantarella e Raij (1997).

Aos 181 DAA foram colhidos manualmente três metros lineares, sem falhas, em cada uma das três linhas centrais da parcela, totalizando 9 metros lineares colhidos. Os colmos foram cortados, despontados e pesados com auxílio de uma balança, acoplada a um tripé de sustentação (Figura 3) para facilitar o procedimento. O peso obtido foi transformado para toneladas de colmo por hectare (TCH).

A qualidade da cana-de-açúcar foi analisada no laboratório da usina em amostras de 10 canas escolhidas aleatoriamente dentre as cortadas. Foram obtidos resultados de Açúcar teórico recuperável (ATR) e porcentagem de sólidos solúveis contidos no caldo da cana (Pol). O valor da produção de açúcar por hectare (TAH) foi obtido pela multiplicação do Pol pelos valores de TCH encontrados na colheita.

Realizou-se o índice de eficiência entre as fontes de nitrogênio, avaliando-se qual fonte de melhor eficiência em relação ao nitrato de amônio. Para esse fator foi utilizado o nitrato de amônio, na dose de 100 kg ha^{-1} de N e as outras fontes todas na dose de 100 kg ha^{-1} de N. Os resultados foram avaliados para toneladas de colmo por hectare e toneladas de açúcar por hectare. Para cálculo foi utilizada a fórmula a seguir:

$$IEA = \frac{TCH_{Ureia} - TCH_{Testemunha}}{TCH_{Nitrato} - TCH_{Testemunha}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Onde: **IEA: Índice de Eficiência Agronômica.**

Para cálculo do equivalente em toneladas de açúcar, somente substitui na fórmula os valores de TCH por TAH.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de Duncan a 0,05 % de significância com auxílio do programa ASSISTAT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises estatísticas dos dados obtidos verificou-se que não houve diferença significativa para os resultados de número de perfilhos por metro, açúcar total recuperável (ATR) e nitrogênio foliar.

Quanto ao número de perfilhos as fontes utilizadas no trabalho (Tabela 2) não apresentaram diferença entre si. Por outro lado houve um incremento percentual para Ureia + NBPT e Ureia convencional, com 7,7% e 6,3%, respectivamente, em relação a testemunha. Vitti (2007) afirmou que a produção de colmos não é afetada entre fontes de fertilizantes nitrogenados, mas com o aumento da dose de nitrogênio. Segundo Megda (2012) o maior número de perfilho ocorre aos 60 DAA, pois nos estádios iniciais há superbrotação, que com o passar do tempo, sofrem mortalidade natural máxima aos 120 DAA, devido a competição intraespecífica e formação do sistema radicular. Ramesh & Mahadevaswamy (2000) e Simões et al. (2005) demonstraram que número de perfilhos aumenta gradativamente entre 60 e 120 DAA, que após os 120 dias ocorre decréscimo na quantidade de perfilhos. Souza (2012) avaliando diferentes fontes convencionais e com revestimento na cana-de-açúcar não encontrou diferença significativa para avaliação do número de perfilhos por metro linear.

Tabela 2: Número de perfilhos por metro linear em função da aplicação de fontes de N.

Fonte	Dose de N	Perfilho m ⁻¹
Testemunha	0	14,2a
	50	15,0a
Nitrato de amônio	100	14,3a
	150	14,2a
Ureia Convencional	100	15,1a
Ureia + NBPT	100	15,3a
Ureia + NBPT + DCD	100	14,0a
Ureia + Polímero	100	14,8a
MÉDIA		14,6
CV (%)		7,06

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

Quando avaliado o teor de açúcar teórico recuperável não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados (Tabela 3). Porém foi observado aumento no teor de açúcar quando utilizado nitrato de amônio que produziu 123 kg de açúcar por tonelada de cana, na dose de 100 kg ha⁻¹, e o nitrato de amônio 122,5 kg/ton de cana, com dose de 150 kg ha⁻¹. Este resultado pode ser explicado porque adubação nitrogenada está associada ao maior crescimento

vegetativo, que resulta em plantas com maior umidade e menor teor de açúcar (KORNDORFER et al., 1992).

Tabela 3: Açúcar teórico recuperável (ATR) em função da aplicação de fontes de N.

Fonte	Dose de N	ATR (kg/ ton)
Testemunha	0	115,7a
	50	119,1a
Nitrato de amônio	100	123,2a
	150	122,5a
Ureia Convencional	100	122,3a
Ureia + NBPT	100	119,9a
Ureia + NBPT + DCD	100	118,2a
Ureia Polímero	100	120,6a
MÉDIA		120
CV (%)		5,06

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

A análise do teor de nitrogênio foliar não apresentou diferença significativa (Tabela 4). Contudo, neste experimento, a menor dose de nitrato de amônio (50 kg ha⁻¹) foi o maior valor relativo encontrado (26,0a), sendo incrementado cerca de 12 % em relação a testemunha. Bernadi (2010) avaliando diferentes fontes de ureia, com e sem revestimento, na cultura do azevém encontrou que as diferentes fontes não interferiram na quantidade de nitrogênio foliar. Segundo Nascimento (2012) o estado nutricional da cana-de-açúcar, avaliado pela diagnose foliar, não apresenta resultado significativo quando utilizado diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados convencionais ou com algum tipo de revestimento, pois o teores do nutriente estão dentro da faixa de suficiência para a planta.

Tabela 4: Nitrogênio foliar em função da aplicação de fontes de N.

Fonte	Dose de N	N foliar (g kg ⁻¹)
Testemunha	0	23,2a
	50	26,0a
Nitrato de amônio	100	22,7a
	150	22,9a
Ureia Convencional	100	22,0a
Ureia + NBPT	100	23,5a
Ureia + NBPT + DCD	100	23,8a
Ureia Polímero	100	22,8a
MÉDIA		23,4
CV (%)		10,6

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

Para avaliação da clorofila na cana-de-açúcar, cujo os resultados estão apresentados na Tabela 5, demonstram que não houve diferenças entre as fontes utilizadas. Porém ureia + polímero apresentou melhor resultado em relação ao tratamento sem aplicação de nitrogênio. Segundo Pedó et al. (2012) o nitrogênio participa da constituição das moléculas de clorofila, que atuam na captação da energia luminosa, na fase fotoquímica e a converte para energia química necessária para continuação da fotossíntese. Assim pode-se concluir então que a fonte de fertilizantes nitrogenado Ureia + Polímero disponibilizou maior quantidade de N para a planta, devido à menores perdas de N, resultando em maior absorção pela planta e consequente maior quantidade de clorofila total na planta.

No presente trabalho os valores de teor de N foliar e Clorofila Total são semelhantes, porém para teor de N foliar não houve diferença estatística entre os tratamentos, enquanto que para clorofila o tratamento ureia + polímero foi melhor que a testemunha. FARIA (2010) evidenciou que as leituras de clorofilômetros são aceitáveis, porém podem não se relacionar com os valores de análises foliares.

Tabela 5: Teor de clorofila A, B e total em função da aplicação de fontes e doses de N.

Fonte	Dose de N	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
Testemunha	0	32,1b	11,1b	43,2b
	50	34,0ab	12,3ab	46,4ab
Nitrato de amônio	100	33,6ab	12,7ab	46,4ab
	150	33,0ab	11,4b	44,5ab
Ureia Convencional	100	33,1ab	11,8ab	44,9ab
Ureia + NBPT	100	34,1ab	12,4ab	46,6ab
Ureia + NBPT + DCD	100	32,7ab	11,5b	44,3ab
Ureia Polímero	100	35,5a	13,7a	49,2a
MÉDIA		33,5	12,1	45,7
CV (%)		6,95	5,87	10,14

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

Quando avaliado os valores para produtividade (Tabela 6) ou produção de colmos industrializáveis (TCH) a dose de 150 kg ha⁻¹ apresentou o melhor resultado em relação a testemunha, produzindo 125 toneladas por hectare. Porém não houve diferença entre as diferentes fontes de fertilizantes nitrogenado, convencionais ou com alguma tecnologia de redução de perdas. O menor valor encontrado foi para a testemunha onde evidencia que a mineralização do nitrogênio presente no solo não é suficiente para fornecimento do nutriente para cana-de-açúcar. Leite (2011) utilizou diferente fontes de N e encontrou que a fonte não interfere na produtividade de colmos industrializáveis de cana de açúcar, resultado também

encontrado por Nascimento (2012), que avaliando diferentes fertilizantes nitrogenados com ou sem tecnologia de redução nas perdas de N, não encontrou diferença significativa.

Grandes perdas de N ocorrem pelos processos de nitrificação e volatilização, principalmente se após a aplicação do fertilizantes ocorre elevada temperatura e falta de chuva (HARGROVE, 1998). A não significância encontrada entre as fontes de ureia revestidas e convencionais utilizadas no presente trabalho pode ser explicada pela possível precipitação, logo após as aplicação dos tratamentos, incorporando o fertilizante ao solo. Prado et al. (2008) avaliando diferentes fontes de N, também não observaram diferença entre os tratamento, atribuindo este fato a precipitação após a aplicação do fertilizante.

Tabela 6: Produtividade de cana soqueira em função da aplicação de fontes de N.

Fonte	Dose de N	TCH (ton ha ⁻¹)
Testemunha	0	96,2b
	50	114,6ab
Nitrato de amônio	100	116,1ab
	150	125,0a
Ureia Convencional	100	111,2ab
Ureia + NBPT	100	118,8ab
Ureia + NBPT + DCD	100	107,7ab
Ureia Polímero	100	118,1ab
MÉDIA		113,5
CV (%)		13,44

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

Outra hipótese para a não significância entre fontes de N é que a quantidade do nutriente fornecida foi aparentemente idêntica, não diferenciando entre as tecnologias empregadas para redução nas perdas de N e o nitrato de amônio na mesma dose. Esse mesmo resultado foi encontrado por Barth (2009), que demonstrou que a produtividade da cana-de-açúcar independe da fonte de N utilizada, porém aumenta-se com o aumento da dose.

A análise de toneladas de açúcar por hectare não apresentou diferença significativa entre as fontes de N (Tabela 7). Porém apresentou diferença entre o nitrato de amônio (150 kg ha⁻¹) produzindo 15,3 toneladas de açúcar e a testemunha, com 11,1 toneladas. Por outro lado não houve diferença significativa para sacarose aparente (Pol), a produção de açúcar por hectare desse trabalho é diretamente ligada à produtividade, e ficou evidenciado no trabalho, que com fornecimento de nitrogênio para a cultura, aumentou-se produtividade, e diretamente a produção de açúcar por área. Megda et al. (2012), analisou diferentes fontes (nitrato de amônio, sulfato de amônio, cloreto de amônio e ureia) aplicadas em cana soqueira, e conclui que a diferença para rendimento em sacarose é devida a produtividade, uma vez que não houve

também diferença para teor de sacarose aparente (Pol). Segundo KORNDORFER et al., (1992) e Malavolta et al. (2007) a adubação nitrogenada está associada ao maior crescimento vegetativo, porém com prejuízos ao acúmulo de sacarose. O rendimento final de açúcar é significativo devido a maior produtividade.

Tabela 7: Quantidade de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de fontes de N.

Fonte	Dose de N	Pol	TAH (ton ha ⁻¹)
Testemunha	0	13,1a	11,1b
	50	13,6a	13,6ab
Nitrato de amônio	100	14,0a	14,2ab
	150	14,1a	15,3a
Ureia Convencional	100	14,0a	13,5ab
Ureia + NBPT	100	13,7a	14,2ab
Ureia + NBPT + DCD	100	13,4a	12,6ab
Ureia Polímero	100	13,8a	14,2ab
MÉDIA		13,7	13,6
CV (%)		5,77	14,46

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan à 5% de significância.

As diferentes fontes de N, não diferiram entre si, uma vez que todas disponibilizaram a mesma dose de N para absorção das plantas. Resultado também encontrado por Barth (2009) e Contin (2007), que avaliando diferentes doses e fontes de N aplicados em soqueira de cana, concluíram que a fonte não interfere na produção de açúcar, porém a dose aplicada de cada fonte, apresenta diferença significativa.

Na tabela 8, observamos o índice de eficiência agrônômica (IEA) para as outras fontes utilizadas no experimento e podemos observar que as fontes UREIA + NBPT e UREIA + POLÍMERO apresentam a mesma eficiência que o nitrato na mesma dose. Segundo Barth (2009), a uso de NBPT na ureia é eficiente para minimizar as perdas de N por volatilização, disponibilizando maior quantidade do nutriente para a planta. Segundo Guelfi (2017) o uso da ureia + polímero é eficiente, devido que a curva de liberação do nutriente pela camada de polímero revestindo o grânulo de ureia deve ser semelhante a curva de absorção de N pela cultura da cana-de-açúcar.

Conclui-se também que a mistura de UREIA + NBPT + DCD, não obtiveram bons resultados, pois sua eficiência foi a menor encontrada no trabalho, 57,7 % e 48,3 % para TCH e TAH, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Zaman, et al. (2009), que concluíram que quando associados DCD e NBPT, ocorre a diminuição da eficiência desse último. Outro resultado inferior foi a aplicação de ureia convencional, que apresentou menor equivalência para TCH (75,3%) e TAH (77,4%) em relação ao nitrato de amônio. Segundo

Cantarella et al., (2001) esse fato é devido há maiores perdas de N através da volatilização de NH_3 , portanto é menor absorção de N pela planta quando aplicado ureia, porém para o nitrato de amônio as plantas absorvem mais N na forma de NO_3 .

Tabela 8: Índice de Eficiência Agronômica de fertilizantes nitrogenados convencionais e com diferentes tecnologias de redução de perdas.

IEA	TCH (%)	TAH (%)
Ureia + NBPT	113,5	100,0
Ureia + polímero	110,0	100,0
Nitrato de Amônio	100	100
Ureia Convencional	75,3	77,4
Ureia+ NBPT + DCD	57,7	48,3

Eficiência agronomia de diferentes fontes de N.

5. CONCLUSÕES

1. Diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, com e sem tecnologia para redução das perdas de N, não apresentaram diferença significativa para açúcar total recuperável (ATR), número de perfilhos por metro e teor de nitrogênio foliar, toneladas de colmos e açúcar por hectare.
2. O uso de Ureia + NBPT e Ureia + Polímero apresenta mesma eficiência quanto o nitrato de amônio na mesma dose.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO, A. R. et al. Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 537-541, maio/jun. 2004.

AZEEM, B.; KUSHAARI, K.; MAN, Z. B.; BASIT, A.; THANH, T.H. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer. **Journal of Controlled Release**, v. 181, p. 11-21, 2014.

BARTH, G. Inibidores de urease e de nitrificação na eficiência de uso de adubos nitrogenados. **Tese (Doutorado)**, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 78 p., 2009.

BARTH, G.; TUCHER, S. von SCHIMIDHALTEER, U. Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 34, p. 98-102, 2001.

BERNARDI, A. C. C.; MOTA, E. P.; CARDOSO, R. D.; OLIVEIRA, P. P. A. **Volatilização de amônia, produção de matéria seca e teores foliares de N do azevém adubado com fontes nitrogenadas**. São Carlos, p.8, 2010. (Circular técnica, 66). Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/volatiliza-o-de-am-nia-produ-o-de-mat-ria-seca-e-teores-foliares-de-n-do-azev-m-adubado-com-fontes-n>

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, 1.; REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., 1984, Ilhéus. **Anais**, Ilhéus: CEPLAC; SBSC, 1986. P. 47-79.

CANTARELLA H.; MATTOS JÚNIOR D.; QUAGGIO J. A. & RIGOLIN A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, p.215-223. 2003

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

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 349-412.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L. (ed). **Milho - Nutrição e Adubação**. Piracicaba, FEALQ, p.36-55, 2008.

CANTARELLA H.; TRIVELIN P. C. O.; CONTIM T. L. M.; DIAS F. L. F.; ROSSETO R.; MARCELINO R.; COIMBRA R. B. & QUAGGIO J. A. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, 2008, p. 397-401.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**: volume 2. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. p. 15-65.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, Séries Históricas. Disponível em : [Http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252#this&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252#this&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos) Acesso em: 29 set. 2017.

CONTIN, T. L. M. Ureia tratada com inibidor da urease NBOT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Dissertação** (Mestrado), Campinas, 69 p., 2007.

CORREA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v. 33, n. 4, p. 453-462, 2006.

COSTA, A. C. S. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 467-473, Oct. 2008.

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**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 631-637, ago. 2003.

DEMATTE, J. L. I. Considerações a respeito da adubação nitrogenada e seu parcelamento em cana planta. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 4, p. 14, 1997.

DETRICK, J. H. **Process for producing improved sulfur-coated urea slow release fertilizers**. United States Patent Office, 1997. (US Patent nº 5599374).

DOMÍNGUEZ, M. J.; SANMARTIN, C.; FONT, M.; PALOP, J. A.; FRANCISCO, S. S.; URRUTA, O.; HOUDUSSE, F.; GARCÍA-MINA, J. M. Design, synthesis and biological evaluation of phosphoramidate derivatives as urease inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 56, p. 3721-3731, 2008.

DUARTE, F. M. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 705-711, maio/jun. 2007.

FAO. Economic and Social Development Department. **Proceedings of the Fiji/FAO 1997 Asia Pacific Sugar Conference**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/005/x0513e/x0513e18.htm>>. Acesso em: 05 out. 2017.

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

FRANCO, H.C.J.; VITTI, A.C.; FARONI, C.E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. **STAB**, v.25, p.32-36, 2007.

GUELFÍ, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada, IPNI, Piracicaba, SP. **Informações Agronômicas** Nº 157, p. 1-14, 2017.

HALL, W. Benefits of enhanced-efficiency fertilizers for the environment. In: IFA INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. **Proceedings...** Frankfurt: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 1-9. 1 CD-ROM.

HARTEMINK, A. E. Sugarcane for bioethanol: soil and environmental issues. **Advances in Agronomy** **99**, p.125-182, 2008.

IROGOYEN, I.; MURO, J.; AZPILIKUETA, M.; APARICIO-TEJO, P.; LAMFUS, C. Ammonium oxidation kinetics in the presence of nitrification inhibitors DCD and DMPP at various temperatures. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.41, p. 1177-1183, 2003.

JAHNS, T.; EVEN, H., KALTWASSER, H. Biodegradability of urea-aldehyde condensation products. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 11, n. 4, p. 155-159, 2003.

KELLIHER, F.M.; CLOUGH, T.J.; CLARK, H.; RYS, G.; SEDCOLE, J.R. The temperature dependence of dicyanodiamide (DCD) degradation in soils: A data synthesis. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 1878-1882, 2008.

KORNDORFER, G. H. et al. Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio. **STAB**, v.20, p.28-31, 2002.

LEITE, J. M. **Acúmulo de fitomassa e de macronutriente da cana-de-açúcar relacionados ao uso de fontes de nitrogênio**. 2011. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LIGHTNER, J. W.; MENGEL, D. B.; RHYKERD, C. L. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer surface applied to orchardgrass sod. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 5, p. 1478-1482, Sept./Oct. 1990.

LIU, Y. H.; WANG, T. J.; QIN, L.; JIN, Y. Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur. **Powder Technology**, n. 183, p. 88-93, 2008.

MEGDA, M. X. V.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; VITTI, A. C. Eficiência agrônômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1681-1690, 2012.

MEISINGER, J. J.; CALDERÓN, F. J.; JENKINSON, D. S. Soil nitrogen budgets. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural systems**. Madison: American Society of Agronomy, 2008. p. 205-562.

MIFLIN, B. J.; LEA, P. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 15, p. 873-885, 1976.

MORAIS, L. K.; AGUIAR, M. S.; SILVA, P. A.; CÂMARA, T. M. M.; CURSI, D. E.; FERNANDES JUNIOR, A. R.; CHAPOLA, R. G.; CARNEIRO, M. S.; BESPALHOK FILHO, J. C. Breeding of Sugarcane, In: CRUZ, V. M. V.; DIERIG, D. A. (Ed.). **Industrial Crops: breeding for bioenergy and bioproducts**. New York, USA: Springer, 2015. 444 p.

MORAIS, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238p.

NASCIMENTO, C. A. C. **Ureia recoberta com S^o, Cu e B em soca de cana-de-açúcar colhida sem queima**, Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

NAUZ, M. Y., SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. **Journal of Controlled Release**, n. 225, p. 109-120, 2016.

NEYMAN, G. B.; DEER, E. A. **Homogeneous granules of slow-release fertilizer and method of making the same**. United States Patent Office, 2002. (US Patente nº6464746).

OLIVEIRA, M. D. S.; REGO, A. C.; SFORCINI, M. P. R.; FREITAS JUNIOR, J. E.; SANTOS, J.; CARVALHO, M. V. Bromatological characteristics and in vitro digestibility of four sugarcane varieties subjected or not to the application of quicklime. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p. 355-361, 2012.

PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência**. 1. ed. Itu, SP, Brazil: Editora Ottoni, 2013. p. 347.

PORTUGAL, A. **Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: avaliação econômica e produtividade**. 2012. 66f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) – UNIFENAS, Alfenas, 2012.

POZZA, A. A. A. et al. Adsorção e dessorção aniônicas individuais por gibbsita pedogenética. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 99-105, jan. 2009.

PRADO, R. M.; PANCELLI, M. A. Resposta de soqueira de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantina**, Campinas, v. 67, n. 4, p.951-959, 2008.

PRASAD, D.; POWER, J.F. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 54, p. 233-281, 1995.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de coaractercross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugar cane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, p.249-258, 2000.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D.A.; CHANTIGNY, M.H.; MACDONALD, J.D.; BISSONNETTE, N.; BERTRAND, N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: a laboratory comparison. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.310-315, 2009.

SANTOS, S. S. dos. **O cultivo da cana-de-açúcar no estado de Alagoas: uma análise comparativa dos efeitos da mecanização no estado de São Paulo**. 2011. 103p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)- Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, ago. 2003.

SHAVIV, A. **Controlled release fertilizers**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, International Fertilizer Industry Association, 2005. 13p. (CD-ROM).

SHIRLEY Jr, A. R.; MELINE, R. S. **Production of slow release nitrogen fertilizers by improved method of coating urea with sulfur**. United States Patent Office, 1975. (US Patent nº3903333).

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 28, p. 104-111, 2012.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SILVA, J. P. N. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 105 p., 2012.

SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Growth indices and productivity in sugarcane. **Scientia Agricola**, v.62, p.23-30, 2005.

SOUZA, A. N. **Estudo das demandas de etanol e gasolina no Brasil no período 2001-2009**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Finanças e Economia de Empresas) Escola de Economia de São Paulo, FGV, São Paulo. 69p. 2010.

SOUZA, J. P. S. P. REsposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida em solo de cerrado na Fazenda Água Limpa, 2012. [34] f. **Monografia** (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural systems**. Madison: American Society of Agronomy, 2008. p. 1-39.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de uréia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a18.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2017

THORBURN, P. J.; MEIER, E. A.; COLLINS, K.; ROBERTSON, F. A. Changes in soil carbon sequestration, fractionation and soil fertility in response to sugarcane residue retention are sitespecific. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 120, p. 99-111, 2012.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILL,; ADHI-KARI, B. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1131-1142. 2014.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers:** Na option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 167 p.

TRIVELIN P. C. O.; OLIVEIRA M. W.; VITTI A. C.; GAVA G. J. C. & BENDASSOLLI J. Á. Perdas de nitrogênio da ureia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37 p. 193-201, 2002.

TRIVELIN, P. C. O.; CABEZAS, W. A. R. L.; BOARETTO, A. E. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994. p. 314-330.

VIANA, A. R.; FERREIRA, J. M.; RIBAS, S. B. F. **Produção De Cana-De-Açúcar Visando A Sua Utilização Na Alimentação De Bovinos De Leite**. Programa Rio Rural. Niterói, 2012.

VIEIRA, M. C. A.; **Setor Sucroalcooleiro Brasileiro:** Evolução e Perspectivas. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013.

VILLELA, A. A.; MOREIRA, J. R.; FREITAS, M. A. Panorama do uso de energia no Brasil. In: VILELA, A. A.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. A. V. (Org.). **O uso de energia de biomassa no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. 196 p.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 491–498, 2007.

VITTI, A. C. **Adubação nitrogeanda da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia:** Manejo e efeito na produtividade. 2003. 114p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, São Paulo, 2003.

YAMAMOTO, C. F.; FERREIRA, E. I.; MATTOSO, L. H.C.; MATSUNAKA, T.; RIBEIRO, C. Slow release fertilizer on urea/urea-formaldehyde polymer nanocomposites. **Chemical Enginnering Journal**, v. 287, p. 390-397, 2017.

ZAMBELLO JR. E.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro sul do Brasil. **Boletim Técnico Planalsucar**, v. e., n. 3, p. 15, 1981.