

## EFICIÊNCIA DE FONTE NITROGENADA ENRIQUECIDA E UREIA PROTEGIDA QUANTO À VOLATILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO APLICADOS SOBRE A PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Fabio Sousa Guedes Silva<sup>1</sup>, Heurilen Reis dos Santos<sup>2</sup>, Beatriz Cristina Migot<sup>2</sup>, Nadia Valério Possignolo-Vitti<sup>3</sup>, Edna Ivani Bertoncini<sup>4</sup>, André César Vitti<sup>4</sup>,

<sup>1</sup>Graduando em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba-SP, guedesfabio2@gmail.com.

<sup>2</sup>Graduandos em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba-SP.

<sup>3</sup>Doutoranda em Ciências pelo CENA/USP, Piracicaba-SP.

<sup>4</sup>Pesquisadores pela APTA, Polo Regional Centro Sul, Piracicaba-SP.

### RESUMO

A ureia, principal fertilizante nitrogenado usado nas culturas, quando em contato com a palhada e com a enzima urease presente principalmente no sistema solo-palha, tende a perder nitrogênio (N) por volatilização, diminuindo a eficiência da adubação e causando impactos ao ambiente. Este estudo objetivou avaliar em condições controladas a estabilidade de fertilizantes nitrogenados aplicados sobre a palhada de cana-de-açúcar, com os tratamentos: (I) solo + palhada + ureia convencional (UC); (II) solo + palhada + ureia revestida (UR); (III) solo + palhada + ureia protegida (UP); (IV) solo + palhada + Fonte Nitrogenada Enriquecida (FNE); e tratamento sem adição de N. Os resultados mostraram que a UR e FNE não diferiram da UC e perderam cerca de 50 % de N, enquanto a UP, ao reduzir as perdas iniciais, momento que ocorrem os maiores picos de volatilização, perdeu 38 %, diferindo da UC. Por esses resultados pode-se concluir que nem toda fonte amídica associada a produtos que tenham outras funções, como por exemplo revestimentos físicos e estimulantes, inibem a ação da urease. Nesse caso, o usuário deve evitar a aplicação sobre os resíduos culturais destes tipos de fontes de N que não têm especificidade de proteger as perdas por volatilização.

**Palavras-chave:** Cana soca, colheita mecanizada, perdas de nitrogênio, inibidores de urease.

### ABSTRACT

#### EFFICIENCY OF ENRICHED NITROGENOUS FERTILIZER AND PROTECTED UREIA ON THE VOLATILIZATION OF NITROGEN APPLIED ON THE SUGARCANE STRAW

Urea, the main nitrogen fertilizer used in crops, when in contact with straw and with the enzyme urease present mainly in the soil-straw system, tends to lose nitrogen (N) by volatilization, reducing fertilization efficiency and causing environmental impacts. The objective of this study was to evaluate the stability of nitrogen fertilizer applied to the sugarcane straw under controlled conditions, with the treatments: (I) soil + straw + conventional urea (UC); (II) soil + straw + coated urea (UR); (III) soil + straw + protected urea (UP); (IV) soil + straw + Enriched Nitrogenous Source (FNE); and a treatment without nitrogenous source. The results showed that UR and FNE did not differ from UC and lost around 50% of N, while UP, when reducing the initial losses, situation in which the highest peaks of volatilization occurs, lost 38%, differing from UC. From these results it can be concluded that not all amide source associated with products having other functions, such as physical coatings and stimulants, inhibit the action of urease. In this

case, the agronomer should avoid applying to the cultural residues of these types of N sources that have no specificity to protect against losses by volatilization.

**Keywords:** Ratoon cane, mecanized harvest, losses of nitrogen, urease inhibitor.

## 1 INTRODUÇÃO

Dentro os diversos fatores que atingem o crescimento das plantas, estão o clima, o solo e a atividade do homem realizada no cultivo da terra. É comum os solos não serem capazes de fornecer à cultura todos os nutrientes de maneira balanceada e no momento correto, necessários para a obtenção de elevada produtividade. Dessa maneira, a adubação por meio de fertilizantes químicos e/ou orgânicos tem a finalidade de complementar a falta de nutrientes. Porém, para que a adubação, por mais adequada que seja, não seja em vão, é necessário considerar, entre as diversas variáveis, o modo e época de aplicação dos fertilizantes e a conservação do solo (DIAS; ROSSETTO, 2006).

Com o advento da colheita da cana sem despalha a fogo, responsável por deixar sobre a superfície do solo uma palhada equivalente à cerca de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, possibilita modificações no solo e no manejo da adubação com nitrogênio (N). A quantidade elevada de palha nessas condições dificulta a incorporação dos fertilizantes aplicados, contribuindo para a diminuição da eficiência da ureia, o principal fertilizante nitrogenado disponível no mercado, devido às possibilidades de perdas por volatilização de amônia, ressaltando a importância de se realizar novos estudos a fim de escolher o melhor manejo do N em sistemas de cultivo de cana sem despalhar a fogo (CANTARELLA et al., 2007).

As perdas de nitrogênio por volatilização originam da ação da enzima urease em ambiente úmido, de altas temperaturas, exposto à atividade dos ventos e com ausência de sítios que adsorvem amônia. A baixa capacidade de reter o gás produzido pode agravar o fenômeno de volatilização, por outro lado, as condições climáticas podem controlar parcialmente, como chuva ou irrigação, capazes de arrastar em profundidade o fertilizante e diminuir a volatilização. Estima-se que sejam necessários pelo menos 15 mm de chuva após a adubação para que ocorra a incorporação de fertilizantes nitrogenados na forma amídica e amoniacal no solo em áreas com ou sem palhada. A umidade é imprescindível para que ocorra a hidrólise da ureia, e mesmo o orvalho e ascensão da umidade do solo por capilaridade no decorrer da noite são capazes de desencadear o processo (VITTI et al., 2006).

Ao avaliar a utilização de ureia com inibidor de urease (NBPT), Tasca et al (2011), notaram que essa associação retarda os picos de volatilização N-NH<sub>3</sub> na primeira semana da aplicação dos fertilizantes ao comparar com a ureia convencional, entretanto nem sempre reduz a perda quantitativa de N. Ao incorporar no solo, em até 2 cm de profundidade, os fertilizantes citados acima, os autores notaram que esta é a melhor forma de evitar a volatilização de N-NH<sub>3</sub>, uma vez que em condições favoráveis à volatilização, encontraram perda acumulada de N-NH<sub>3</sub> em até 50 % do N aplicado. Vitti et al. (2006), afirmam que enterrar o fertilizante em 5 cm de profundidade é suficiente para que as perdas de N não ultrapassem 5 %.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade de fontes amídicas enriquecidas e protegidas em condições propícias para elevadas perdas por volatilização quando aplicadas na superfície do solo e sobre a palhada de cana-de-açúcar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional Centro-Sul, no município de Piracicaba-SP (22°42'30'' S; 47°38'00'' W; altitude de 546 m). A condução em ambiente controlado objetivou proteger os coletores das chuvas torrenciais que poderiam incorporar os fertilizantes no solo e interferir nas perdas de N por volatilização. Avaliou-se a estabilidade dos tratamentos contendo as fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palhada de cana em condições favoráveis à volatilização como temperatura entre 30 a 40°C e adicionando água ao solo e à palhada. Essas condições favorecem a atividade ureolítica e promovem condições extremas para os processos de volatilização de N.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições, resultando em um total de 12 parcelas experimentais, além de um tratamento controle, sem adição de fertilizante. Os tratamentos estudados estão apresentados a seguir, juntamente com a quantidade de fertilizante aplicado em cada parcela experimental: T1: solo + palha + ureia convencional (UC); T2: solo + palha + ureia revestida com nanopartículas protetoras (UR); T3: solo + palha + ureia protegida fisicamente com polímero (UP); T4: solo + palha + Fonte Nitrogenada Enriquecida (FNE) – a qual possui uma mistura de fontes de N, com predominância de N amídico e demais nutrientes, como cálcio, enxofre e magnésio, bem como estimulantes.

As quantidades de cada produto (fontes de N) colocadas sobre a palhada no interior dos coletores (Figura 1) foram equivalentes à dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N considerando um canal com espaçamento duplo de  $0,90 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$  e sabendo que o teor de nitrogênio para a UC, UR e UP é 45 %, enquanto que para o FNE é de 23 %. O tratamento controle sem adição de fontes de N foi utilizado para subtrair dos demais tratamentos os possíveis contaminantes de amônia.

Vasos contendo terra coletada da camada 0-20 cm de solo arenoso foram montados e na sua superfície foi colocada uma camada de palha de cana-de-açúcar de 30 g, simulando a quantidade de palha deixada sobre o terreno após colheita mecanizada, de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca. Sobre a palhada umedecida até a capacidade de campo, foram colocadas as fontes nitrogenadas. Sobre os vasos foram montados os coletores para coleta de N-volatilizado, composto por duas espumas coletoras, de maneira que a espuma inferior atuou no sentido de capturar o nitrogênio volatilizado das fontes nitrogenadas, enquanto a espuma localizada na parte superior da câmara foi empregada com o intuito de capturar o nitrogênio amoniacal presente na atmosfera para evitar a contaminação da espuma inferior.

Anteriormente à montagem do ensaio, foram preparadas soluções de ácido fosfórico na concentração de  $1,5 \text{ mol L}^{-1}$  e glicerina a 5 % (v/v). A função do ácido fosfórico é capturar o  $\text{N-NH}_3$  volatilizado, e a glicerina protege as espumas do ressecamento quando expostas ao sol e altas temperaturas de campo ou casa de vegetação. Em sequência, na casa de vegetação, espumas em forma de discos foram suficientemente embebidas na solução e acomodadas em coletores semiabertos desenvolvidos por Nönmik (1973) e adaptados por Lara Cabezas e Trivelin (1990) (Figura 1). As espumas foram substituídas por espumas recém-embebidas na solução ácido fosfórico e glicerina após 3, 5, 7, 11, 14, 19, 25, 28 e 35 dias da instalação do experimento.

**Figuras 1.** Aspecto de ensaio de volatilização de N



A - Esquema de coletor estático semiaberto

B - Aspecto do ensaio na casa-de-vegetação

Ao todo foram realizadas 9 coletas ou troca de espumas. As extrações dos conteúdos líquidos das espumas foram realizadas com adição de pequenas quantidades de água deionizada (Figura 2A) seguidas de torções manuais (Figura 2B) até a utilização de 200 mL. A seguir, os extratos foram armazenados e pesados (Figura 2C), armazenados em sacos plásticos e submetidos à refrigeração até o momento da análise do teor de nitrogênio volatilizado (Figura 2D).

**Figuras 2.** Etapas do processo de extração do conteúdo líquido da espuma e determinação colorimétrica do N-volatilizado



Para determinar os teores de N-NH<sub>3</sub> volatilizados nos tratamentos foi empregado o método colotimétrico salicilato proposto por Kempers & Zweers (1986). Esse método utiliza como reagentes salicilato de sódio, nitroprussiato de sódio, citrato de sódio e hipoclorito, considerando 4,0 mL o volume final da amostra, nas devidas diluições. Os tubos com a mistura amostra + reagentes foram mantidos em temperatura ambiente no escuro por 120 minutos para o desenvolvimento da cor azul esmeralda. A absorbância da solução foi medida no comprimento de onda de 647 nm usando cubeta de 1,0 cm. A curva de referência foi preparada a partir de uma solução padrão de 140 mg L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> utilizando como reagente o sulfato de amônio P.A. A leitura foi realizada no período máximo de uma hora após o desenvolvimento da cor.

Os resultados das perdas de N-NH<sub>3</sub> (%) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5 % de probabilidade, sendo as médias comparadas utilizando o teste de Tukey. Esses procedimentos foram realizados utilizando o pacote ExpDes versão 1.1.2 (FERREIRA et al., 2013) no software do programa R versão 2.15.1 (R CORE TEAM, 2012).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme observado na Tabela 1, os fertilizantes nitrogenados que apresentaram as maiores perdas de N por volatilização, cerca de 50% do macronutriente aplicado até o término dos 35 dias de experimento, foram UC, UR e FNE, não apresentando diferença estatística significativa entre eles. A UP foi o tratamento que apresentou a menor perda acumulada de N, tendo diferença de cerca de 16 % com relação à UC, evidenciando eficiência para evitar a volatilização de N. Santos et al. (2018) estudaram o comportamento de fontes estáveis quanto à volatilização de N, como o sulfato de amônio.

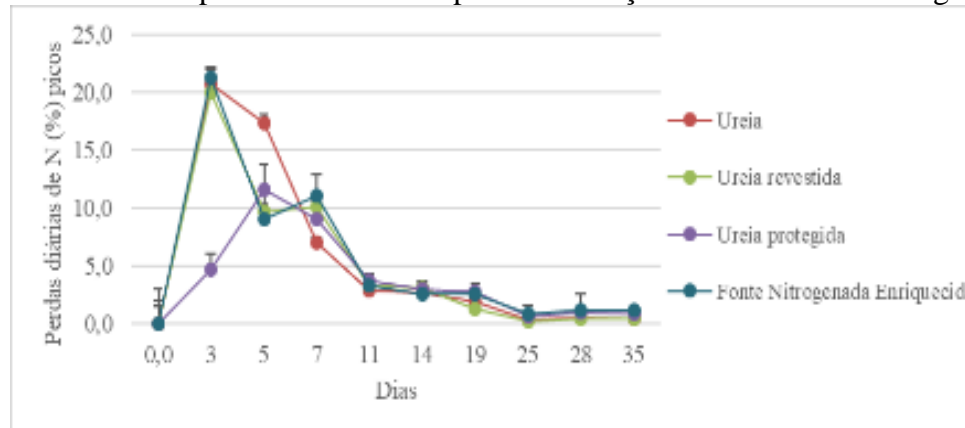
**Tabela 1.** Perdas acumuladas de N por volatilização de fertilizantes nitrogenados

Tratamentos	Perdas (%) N
Ureia convencional	53,8 A
Ureia revestida	48,8 AB
Ureia protegida	37,5 B
Fonte Nitrogenada Enriquecida	53,1 A
F-Valor para tratamentos	8,2
Pr(>F) para tratamentos	8,1 x 10 <sup>-3</sup>
Coefficiente de variação	9,4

Letras maiúsculas idênticas não diferem os tratamentos entre si.

Com relação às perdas diárias (Figura 3) dos fertilizantes avaliados no presente estudo, observa-se que os picos de volatilização ocorreram no terceiro e sétimo dia para os tratamentos UR e FNE, ao passo que a UC teve seu pico ao terceiro dia de experimento e a ureia protegida teve no quinto dia. Além disso, nota-se que a UP apresentou perdas acumuladas N ao terceiro (5 %) e quinto dia (16 %) após a fertilização, ao comparar com os demais tratamentos, que apresentaram respectivamente perdas de 20 % e 30 %. Diante disso, a utilização da UP permite ao produtor maior flexibilidade, pois pode realizar a adubação com antecedência à um volume de chuva suficiente para incorporar o fertilizante ao solo em até 5 dias após a fertilização, para não ter perdas elevadas, em relação às demais fontes.

**Figura 3.** Picos de perdas diárias de N por volatilização de fertilizantes nitrogenados



Dessa forma, essas fontes amídicas com tecnologias agregadas – UR e FNE - que não foram efetivas para evitar a perda de N-NH<sub>3</sub> por volatilização, se enterradas ao solo, talvez tenham efetividade, como por exemplo, em não perder N por lixiviação e estimular o enraizamento e perfilhamento da cana-de-açúcar. Dessa maneira, o usuário deve evitar a aplicação sobre os resíduos culturais destes tipos de fontes de N que não têm especificidade de proteger as perdas por volatilização, atentando-se aos produtos disponíveis no mercado.

Na tentativa de obter melhores resultados para tais fertilizantes, recomenda-se o aprimoramento quanto à estabilidade na questão de volatilização de N. Vários estudos têm sido realizados a fim empregar estratégias para combater essa desvantagem, utilizando inibidores de urease em fertilizante nitrogenado (SCIVITTARO et al., 2010; MENEZES, 2015; FREITAS, 2017).

Além de ocasionar deficiência de nitrogênio para as plantas e aumento de custos com fertilizantes químicos, considerando as perdas por volatilização, ressalta-se a questão ambiental, pois segundo Martinelli (2007), concentrações elevadas de NH<sub>3</sub> na atmosfera promovem uma variedade de efeitos prejudiciais sobre sua composição.

#### 4 CONCLUSÕES

A UP demonstrou-se o tratamento mais eficiente em evitar perdas de nitrogênio por volatilização, devido às reduzidas quantidades perdidas durante o período estudado e menores picos na fase inicial, comparada às demais no estudo. Os fertilizantes nitrogenados FNE e UR não apresentaram especificidades em evitar a volatilização de nitrogênio. Nesse caso, recomenda-se que não sejam aplicados sobre a superfície da palhada de cana-de-açúcar, por terem perdas de N por volatilização semelhantes à ureia convencional.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANTARELLA, H. et al. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T. et al. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 355-412.
- DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 107-119.
- FERREIRA, E.B., CAVALCANTI, P.P., NOGUEIRA, D.A. 2013 **ExpDes**: Experimental designs package. R package version 1.1.2.R CRAN.
- FREITAS, T. **Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de liberação lenta ou controlada na cultura do cafeeiro**: eficiência e custos. 2017. Dissertação (Mestrado em

Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/13309>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

KEMPERS, A.J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 17, n. 7, p. 715-723, 1986.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado e da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 345-352, 1990.

MARTINELLI, L. A. Os caminhos do nitrogênio-do fertilizante ao poluente. **Informações agronômicas**, n. 118, p. 6-10. 2007. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/1CA52B5C86392D5D83257AA10060F4B3/\\$FILE/Page6-10-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/1CA52B5C86392D5D83257AA10060F4B3/$FILE/Page6-10-118.pdf)>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MENEZES, G. B. **Estratégias de manejo para minimizar perdas de N por volatilização e aumentar o rendimento de grãos de milho irrigado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/129011>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

R CORE TEAM. 2017. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/src/base/R-2/R-2.15.1.tar.gz>> Acesso em: 03 fev. 2016.

SANTOS, H. R. dos et al. Produtividade de colmos e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com a aplicação de fontes nitrogenadas convencionais e organominerais via solo e foliar. In: 12<sup>o</sup> CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18303., 2018, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: 2018. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2018/ciic2018/anais2018/Resumos\\_CIIC2018\\_APTA/RE18303.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2018/ciic2018/anais2018/Resumos_CIIC2018_APTA/RE18303.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2018.

SCIVITTARO, W. B. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1283-1289, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n6/a622cr1017.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 493-502, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a18.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2018.

VITTI, G. C. et al. Nutrição e adubação. In: RIPOLI, T. C. C. et al. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T.C.C.Ripoli, 2006.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (Fundag) e aos funcionários e colaboradores da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Polo Regional Centro-Sul, como a Dra. Sarah Mello Leite Moretti, a Isabela Garcia Cocatto, a Maria Aparecida Godoy e o Bruno Bernardes.