

# Volatilização de amônia por fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no milho sob dois sistemas de cultivo

César Ferreira Santos<sup>1</sup>

Sheila Isabel do Carmo Pinto<sup>2</sup>

Konrad Passos e Silva<sup>3</sup>

Paulino da Cunha Leite<sup>4</sup>

Vagner Aparecido Vitor<sup>5</sup>

## Resumo

Uma das tecnologias mais promissoras para o aumento da eficiência de aproveitamento do N é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada que reduzem as perdas do N por volatilização. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de fontes nitrogenadas aplicadas na adubação de cobertura do milho safrinha. O experimento foi instalado em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo dois sistemas de cultivo (convencional e plantio direto) e quatro fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura (ureia perolada, ureia+Cu+B, ureia NBPT e fertilizante complexo) e quatro repetições. Foram avaliadas as perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização no período de quatorze dias após a adubação nitrogenada de cobertura do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, observou-se que a ureia perolada foi o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização em relação aos demais e a ureia+NBPT o mais eficiente. As perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização no sistema de plantio direto foram superiores às quantificadas no plantio convencional.

**Palavras-chave:** Nitrogênio. Ureia. Adubação.

## Introdução

O milho é fonte de matéria-prima para produção de diversos produtos e sua produtividade aumenta com a aplicação de doses adicionais de N, fazendo com que haja um aumento considerável no consumo de fertilizantes nitrogenados em todo o mundo (ARGENTA; SILVA, 2003). A utilização de fertilizantes nitrogenados tem aumentado ao longo dos anos, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Porém, devido a grandes perdas, a eficiência no aproveitamento do N pelas culturas possui valores contrastantes ficando por volta de 50% do que é aplicado (LAMA, 2012). Entre os principais processos de perdas de N, pode ser citada a volatilização, a nitrificação e a desnitrificação,

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo, doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo-UFLA. [agronomocesar.santos@gmail.com](mailto:agronomocesar.santos@gmail.com). Laboratório de Corretivos e Fertilizantes-DCS, *Campus* UFLA, Lavras (MG). CEP: 37.200-000.

2 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professora. [sheila.isabel@ifmg.edu.br](mailto:sheila.isabel@ifmg.edu.br).

3 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, técnico em Agropecuária. [konrad.silva@ifmg.edu.br](mailto:konrad.silva@ifmg.edu.br).

4 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professor. [paulino.leite@ifmg.edu.br](mailto:paulino.leite@ifmg.edu.br).

5 Agropecuária Piunhi (AP), consultor agrícola. [vagnervitorconsultoria@hotmail.com](mailto:vagnervitorconsultoria@hotmail.com).

que contribuem para a liberação de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$  para a atmosfera (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2001; SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010).

Entre as diversas fontes minerais de fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura, a ureia se destaca como a principal, devido ao elevado teor de N e o preço mais acessível (SOUZA et al., 2017), além da elevada concentração de N que tornam menores os custos com transporte e armazenamento deste fertilizante. No entanto, a aplicação da ureia em cobertura, sem incorporação, pode gerar perdas significativas de N por volatilização de amônia. Neste caso as perdas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) podem chegar a quase 80% com a aplicação superficial no plantio direto e 30% no plantio convencional (LARA CABEZAS, 1998).

Em resposta à difusão do uso do sistema de plantio direto e a mudanças no manejo do solo, houve a intensificação das perdas de nitrogênio por volatilização devido à realização da adubação sobre a palhada. De acordo com Cancellier et al. (2016), isso ocorre devido à maior atividade da enzima urease e à menor difusão da ureia no solo, gerando um aumento localizado do pH do solo, fazendo com que o amônio se transforme em amônia. No caso do plantio direto, o não revolvimento do solo no momento da aplicação do calcário torna a camada superficial do solo alcalina, favorecendo a perda de N por volatilização de amônia. O fato é que apesar das perdas por volatilização serem maiores neste sistema, existem inúmeros benefícios do sistema, como manutenção da temperatura do solo, aumento no teor de umidade, elevação do teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, redução do processo de compactação do solo e minimização do processo de erosão, indicando que as tecnologias para aumentar a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes devem ser melhoradas, sobretudo as dos fertilizantes nitrogenados.

Com o objetivo de diminuir as perdas de N e aumentar a eficiência no uso e recuperação do N aplicado via fertilizante, diversas técnicas podem ser utilizadas. Uma dessas é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada que visam aumentar a eficiência dos fertilizantes, uma vez que são recobertos ou encapsulados por substâncias que fazem com que os nutrientes sejam gradativamente liberados ou possuem substâncias que impedem alguma etapa de transformação do N no solo (TRENKEL, 2010). Por meio desta tecnologia, as perdas de N por volatilização seriam minimizadas, aumentando a disponibilidade de N de acordo com as necessidades das plantas.

Apesar de muito promissora e indispensável ao manejo do N para as plantas, esta tecnologia já é produzida comercialmente desde 1961 (TRENKEL, 2010). No entanto, o custo para sua produção é elevado (MAESTRELO et al., 2014). Isso faz com que seja limitado seu uso por culturas de pouco valor agregado. A associação do baixo custo do revestimento com enxofre e sua uniformidade de distribuição no grânulo gera fertilizantes mais competitivos e eficientes, que melhoram o aproveitamento do N pela redução das perdas por volatilização (CANCELLIER et al., 2016). Além disso, esta tecnologia possibilita o aumento do rendimento do maquinário agrícola, pois a adubação pode ser realizada em única aplicação, sem a necessidade de incorporação.

Neste contexto, o trabalho teve como objetivo estudar a volatilização de amônia da ureia, fertilizantes nitrogenados estabilizados e de liberação lenta quando aplicados superficialmente nos sistemas de cultivo convencional e plantio direto na cultura do milho.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Medeiros (MG), em um relevo caracterizado como suave ondulado, em um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes de nitrogênio ureia perolada (46% de N), ureia+Cu+B (0,3% de B; 0,3% de Cu; 43% de N), ureia com inibidor NBPT (46% de N) e fertilizante mineral complexo (21% N; 2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 9% K<sub>2</sub>O; 5% S; 0,2% B e 0,2% Zn) e 2 sistemas de plantio (plantio direto e convencional), com 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais.

Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas de milho com 5,0 m de comprimento, semeados manualmente. Os coletores para avaliação das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização foram instalados no centro de cada parcela experimental.

A área foi cultivada sob dois sistemas de plantio: convencional e plantio direto. Para a simulação do sistema convencional a palhada foi retirada da área e o solo revolvido a aproximadamente 20,0 cm de profundidade, sendo esta operação realizada 30 dias antes da implantação da cultura. Já para as parcelas com sistema de plantio direto não foi realizada nenhuma intervenção, pois já vinha sendo cultivada sob sistema de plantio direto há oito anos.

A área experimental no cultivo anterior foi ocupada pela cultura da soja (safra). Os resultados da análise de solo (TABELA 1) são referentes ao ano de 2015, anterior ao último cultivo de soja. Na implantação da cultura da soja foram aplicados 22,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando o adubo monoamônio fosfato - MAP (9,0% de N e 48,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para a adubação de plantio do milho safrinha, foram usados 200,0 kg.ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 4-30-16 distribuído antecipadamente e a lançou na área de plantio.

**Tabela 1** – Resultado da análise de solo (0-20 cm) da área experimental (coleta de solo realizada no ano de 2015)

	Variável		
pH (H <sub>2</sub> O)	6,2	V	66,2 %
P <sup>(1)</sup>	6,4 mg.dm <sup>-3</sup>	m	0 %
K <sup>(1)</sup>	98 mg.dm <sup>-3</sup>	M.O.	2,41 dag.kg <sup>-1</sup>
Ca <sup>(2)</sup>	2,73 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	P (rem)	14,3 mg.L <sup>-1</sup>
Mg <sup>(2)</sup>	0,69 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	12 mg.dm <sup>-3</sup>
Al <sup>(2)</sup>	0 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	2,5 mg.dm <sup>-3</sup>
H+Al <sup>(3)</sup>	1,87 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
SB	3,7 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
t	3,7 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
T	5,5 cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		

<sup>(1)</sup>P-K-Fe-Zn-Mn-Cu – Extrator Mehlich; <sup>(2)</sup>Ca-Mg-Al – Extrator KCl -1 mol.L<sup>-1</sup>; <sup>(3)</sup>H+Al – Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; %V = Índice de Saturação de Bases; m = Saturação de Alumínio; M.O. = matéria orgânica (Oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N); P (rem) = Fósforo Remanescente.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

O híbrido semeado foi o AS1575 da empresa Agroeste, sendo caracterizado como de porte médio, colmo resistente, empalhamento bom, textura do grão semidura, com a finalidade de produção de grãos. A população de plantas utilizada foi de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Para a garantia do estande final do experimento foram semeadas 120.000 plantas ha<sup>-1</sup> e aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando o número de plantas desejadas.

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas aplicações dos herbicidas à base de Atrazina e Nicosulfuron, ambos seletivos à cultura, sendo realizado aos 30 DAS. A adubação potássica foi realizada de acordo com a análise de solo e em 2 parcelamentos, sendo o primeiro aos 54 DAS, aplicando-se 100,0 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O) e a segunda aos 69 DAS com a mesma fonte e dose. A adubação foi realizada com atraso devido a não ocorrência de precipitação significativa para a germinação das sementes, o que atrasou todo o processo produtivo.

Na adubação nitrogenada de cobertura foram utilizadas as diferentes fontes de N (ureia perolada, ureia contendo Cu e B, ureia com inibidor de urease (NBPT) e um fertilizante mineral complexo). A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada 73 DAS do milho safrinha, sendo usados 200,0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em uma única aplicação. Essa dose foi convertida para a área do coletor, dessa forma, cada base dos coletores recebeu 10,0 g de N.

A quantificação das perdas de amônia foram realizadas utilizando o método do coletor semi-aberto desenvolvido por Nonmik (1973) e adaptado por Lara-Cabezas et al. (1999).

Para a avaliação das perdas de NH<sub>3</sub> nas parcelas experimentais foram instaladas as bases das câmaras no mesmo dia em que se realizou a adubação nitrogenada de cobertura. Foram utilizadas duas bases para cada parcela experimental visando à alternância das câmaras sobre essas, de modo que, enquanto uma base estava sendo ocupada pela câmara, a outra permanecia exposta às condições naturais do meio.

As câmaras foram acopladas às bases de 20,0 cm de altura fixadas em profundidade de cinco centímetros no solo. Dentro de cada câmara foram colocadas duas esponjas com densidade de aproximadamente 0,02 g cm<sup>-3</sup> embebidas em 40,0 mL de solução de ácido fosfórico (60,0 mL L<sup>-1</sup>) e glicerina (50,0 mL L<sup>-1</sup>). A esponja localizada na parte superior da câmara teve como função evitar a contaminação da esponja inferior, enquanto esta captava a amônia perdida (LARA CABEZAS; TRIVELIN, 1990).

Após cada coleta, novas esponjas embebidas em solução de ácido fosfórico e glicerina foram colocadas nos suportes inferiores das câmaras. As coletas foram realizadas no primeiro, segundo, terceiro, quinto, nono e décimo quarto dias após a aplicação dos fertilizantes. Em cada coleta, as esponjas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para o laboratório de solos do IFMG-BambuÍ. A amônia retida nas esponjas, na forma de fosfato de amônio, foi extraída mediante 5 lavagens sucessivas com água destilada, sendo cada lavagem feita com 40,0 mL de água, sobre funil de Büchner com placa porosa, acoplado a um kitassato por meio da sucção realizada por bomba de vácuo. Após a extração das amostras, uma alíquota de aproximadamente 80,0 mL foi armazenada em potes de plástico conservados sob refrigeração.

Para a destilação foram pipetados 20,0 mL da solução e transferida para o tubo de digestão e levados para destilação pelo método semimicro Kjeldahl, adicionando-se 10,0 mL de solução de hidróxido de sódio 40,0% e, posteriormente, realizada a titulação das amostras com solução de ácido clorídrico (MALAVOLTA et al., 1997).

Os dados de perdas de NH<sub>3</sub> por volatilização foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias agrupadas utilizando o Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional "Sistema para Análise de Variância" - SISVAR (FERREIRA, 2011).

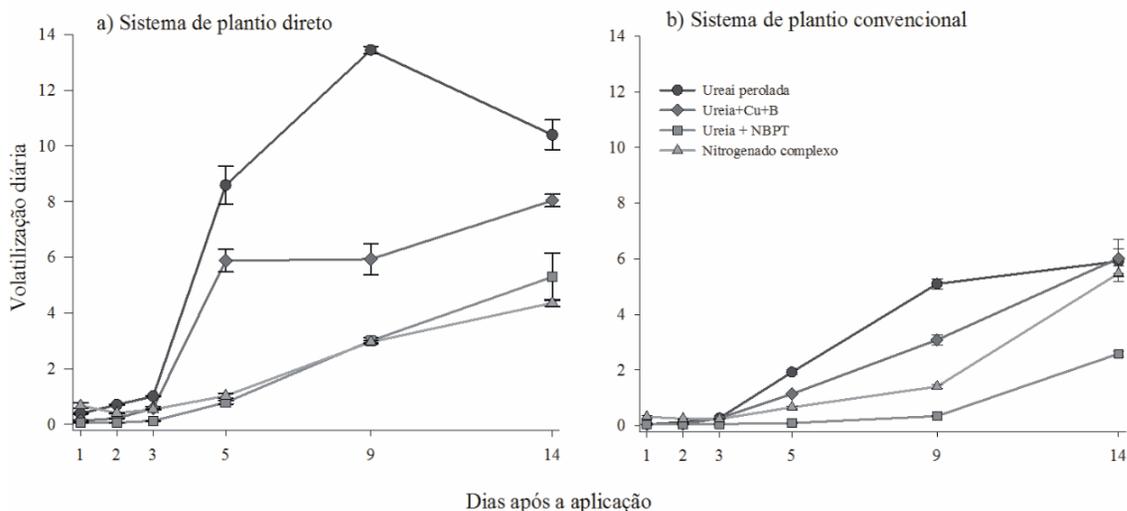
## Resultados e discussão

As interações entre os sistemas de cultivo (plantio direto ou convencional) e as fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha foram significativas para as perdas de

amônia por volatilização avaliadas durante o período de quatorze dias após a adubação de cobertura, assim como para a perda acumulada de amônia neste período ( $p \leq 0,05$ ).

Na avaliação das perdas de amônia realizada um dia após a aplicação da adubação de cobertura do milho safrinha verificou-se que o adubo nitrogenado complexo apresentou maior perda de amônia em relação aos demais fertilizantes nitrogenados, independentemente do sistema de cultivo (FIGURA 1b). Na avaliação realizada no segundo dia após a adubação de cobertura, observou-se no sistema de plantio direto maiores perdas de amônia pela ureia perolada, enquanto no sistema convencional manteve-se o nitrogenado complexo como menos eficiente quanto à restrição nas perdas de amônia por volatilização (FIGURA 1a). Nas avaliações realizadas um e dois dias após a aplicação da adubação de cobertura verificou-se que independentemente do sistema de cultivo o fertilizante com inibidor da enzima urease, ureia+NBPT, mostrou-se mais eficiente, evitando maiores perdas de amônia por volatilização (FIGURA 1).

**Figura 1** – Perdas diárias de  $N-NH_3$  (%) após a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura no milho safrinha, sob(a) sistema de plantio direto ou (b) sistema de plantio convencional.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Na avaliação realizada três dias após a adubação de cobertura do milho safrinha verificou-se que no sistema de plantio direto a ureia perolada proporcionou maiores perdas de amônia (FIGURA 1a), enquanto a ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas, assim como no sistema convencional (FIGURA 1b). No quinto dia após a adubação de cobertura, observou-se que a ureia perolada proporcionou maiores perdas de amônia em ambos sistemas de cultivo (FIGURA 1). Nas avaliações realizadas no terceiro e quinto dias após a aplicação da adubação de cobertura, verificou-se novamente que independentemente do sistema de cultivo o fertilizante ureia+NBPT mostrou-se mais eficiente evitando maiores perdas de amônia por volatilização.

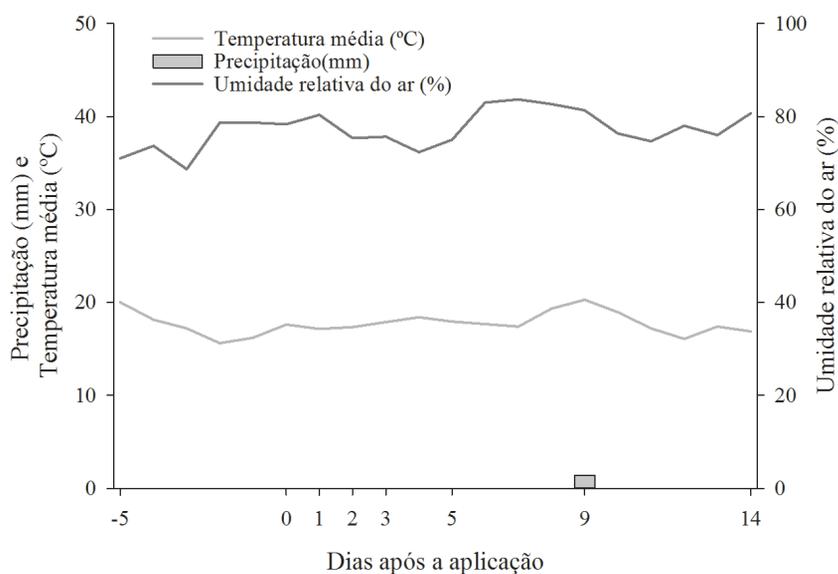
Para a avaliação realizada no nono dia após a aplicação da adubação, verificou-se que independentemente do sistema de cultivo a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia (FIGURA 1). A ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas no sistema convencional de cultivo (FIGURA 1b), enquanto que no sistema de plantio direto além da ureia+NBPT o nitrogenado complexo também se mostrou eficiente (FIGURA 1a).

Na avaliação realizada quatorze dias após a aplicação da adubação nitrogenada de cobertura, verificou-se que no sistema de plantio direto (FIGURA 1a), a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia, enquanto a ureia+NBPT e o fertilizante nitrogenado complexo foram os mais eficientes na restrição das perdas. Por outro lado, no sistema de plantio convencional verificou-se que os fertilizantes ureia perolada, ureia+Cu+B e o nitrogenado complexo foram os menos eficientes na redução da volatilização, enquanto o adubo ureia+NBPT foi o mais eficiente (FIGURA 1b).

De forma geral, a ureia com inibidor de urease foi mais eficiente na redução das perdas de amônia por volatilização. Nos fertilizantes nitrogenados estabilizados, como a ureia+NBPT, o aditivo adicionado à ureia no processo de produção (inibidor da urease) promove atraso na conversão do N da forma amídica  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  presente no fertilizante para amônia  $(\text{NH}_3)$ , proporcionando diminuição na volatilização (SOUZA et al., 2017). Segundo Cantarella (2007), o NBPT inibe a urease e com consequente redução da hidrólise da ureia por um período que pode variar de 3 a 14 dias, dependendo das condições ambientais no local de aplicação.

De acordo com Jones et al. (2007), as perdas de amônia por volatilização são influenciadas por fatores relacionados à temperatura, à umidade relativa do ar, à velocidade do vento, à precipitação pluviométrica, entre outros (WATSON et al., 2008). No entanto, após a realização da adubação nitrogenada de cobertura do milho safrinha não foi registrada precipitação significativa (FIGURA 2). Somente no nono dia após a adubação ocorreu uma precipitação de 1,4 mm, contribuindo, assim, para o pico de perda de amônia por volatilização de ureia no sistema de plantio direto (FIGURA 1a), sendo que esse pico de volatilização da ureia não ocorreu no sistema de plantio convencional, provavelmente pela rápida incorporação do fertilizante ao solo, reduzindo sua exposição. No caso do plantio direto, como o fertilizante é aplicado sobre a palhada, seria necessária uma maior precipitação para a incorporação deste ao solo.

**Figura 2** – Dados climáticos coletados cinco dias antes da adubação de cobertura e durante a realização das coletas de esponjas no campo

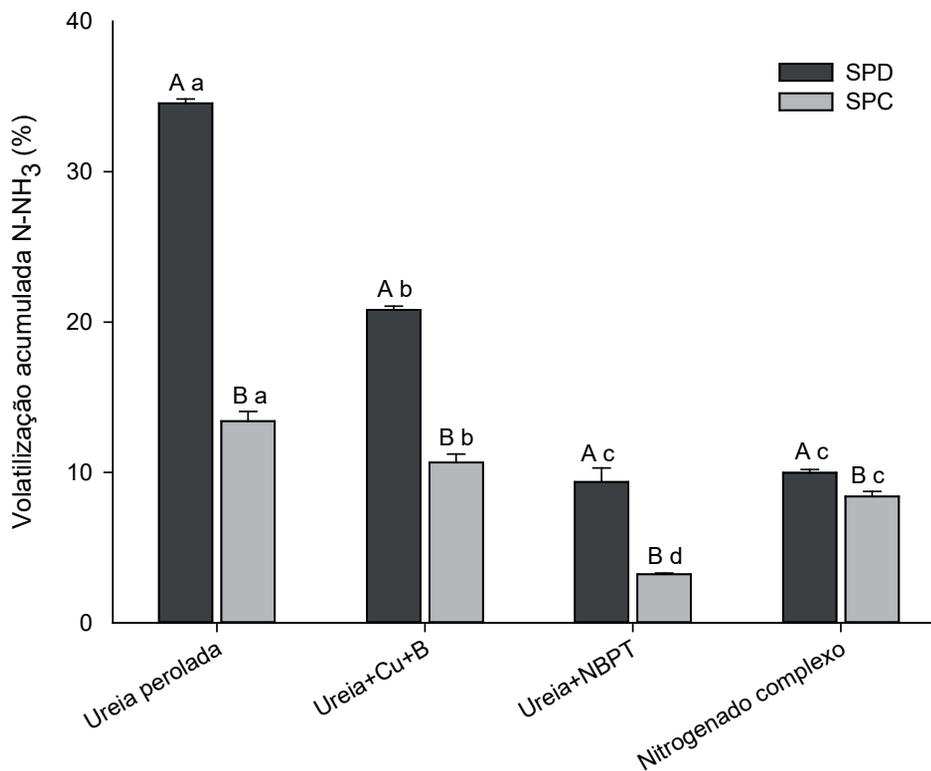


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Durante todo o experimento, a umidade relativa do ar se encontrou propícia a perdas, assim como a temperatura média diária, sendo que devido à baixa precipitação os picos de perdas foram atrasados até o nono dia de avaliação (FIGURA 1).

As perdas acumuladas de amônia registradas durante o período de quatorze dias de avaliação são apresentadas na Figura 3. Verificou-se que a sequência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentadas pelos fertilizantes avaliados no sistema convencional seguiu a ordem decrescente: ureia perolada < ureia+Cu+B < nitrogenado complexo < ureia+NBPT.

**Figura 3** – Perdas acumuladas de NH<sub>3</sub> (% da dose total aplicada) após 14 dias da aplicação de fertilizantes nitrogenados na adubação de cobertura do milho safrinha



Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para diferentes sistemas: SPD (sistema de plantio direto) e SPC (sistema de plantio convencional), e minúsculas para as fontes de fertilizantes (ureia perolada, ureia+Cu+B, ureia+NBPT e nitrogenado complexo), não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

Para o sistema de plantio direto, a sequência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentada pelos fertilizantes avaliados seguiu a ordem decrescente: ureia perolada < ureia+Cu+B < nitrogenado complexo = ureia+NBPT (FIGURA 3).

O uso da ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, tem-se mostrado eficiente na redução das perdas de NH<sub>3</sub> por volatilização e um dos principais ganhos obtidos com o NBPT é o aumento

de tempo para incorporação da ureia pela ação da chuva em profundidade onde a ureia é menos susceptível a perdas por volatilização (MIKKELSEN, 2009; DAWAR et al., 2011).

Pereira et al. (2009) avaliaram a volatilização do N-NH<sub>3</sub> aplicado em cobertura na cultura do milho safrinha utilizando diferentes fontes nitrogenadas e verificaram que a ureia com inibidor de urease reduziu a volatilização de N em torno de 50,0 % em relação à ureia comum, o que refletiu em maiores produtividades.

No sistema de plantio direto, as perdas de amônia alcançaram 34,55% do N aplicado na adubação de cobertura do milho quando a fonte utilizada foi a ureia perolada e 9,36% quando foi empregada a fonte ureia+NBPT (FIGURA 3). No sistema convencional de cultivo, as maiores perdas foram observadas quando utilizada a fonte ureia perolada (13,41%), e as menores quando se aplicou a ureia+NBPT (3,22%) (FIGURA 3). A perda de N-NH<sub>3</sub> pela ureia aplicada na superfície do solo no sistema de plantio direto está próxima dos valores observados no sudeste do Brasil que variam de 38,0% a 78,0% do N total aplicado (LARA CABEZAS et al., 1997; LARA CABEZAS et al., 2000; COSTA et al., 2003).

Os valores referentes aos extremos de perdas no sistema de plantio direto correspondem a uma quantidade de 69,1 kg ha<sup>-1</sup> (ureia perolada) e 18,7 kg ha<sup>-1</sup> (ureia + NBPT) de N-NH<sub>3</sub> perdidos, relativos ao total de 200,0 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados em cobertura. As perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> no sistema convencional variaram entre 13,41% e 3,22% do N aplicado para a ureia perolada e a ureia+NBPT, respectivamente (FIGURA 3). Esses valores correspondem a uma quantidade de 26,8 e 6,4 kg ha<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> perdidos, relativos ao total de 200,0 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados em cobertura.

As porcentagens de redução das perdas de N-NH<sub>3</sub> pelos fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura em comparação à ureia perolada no sistema de plantio direto foram: 39,7; 72,9 e 71,1% para a ureia+Cu+B, ureia+NBPT e fertilizante complexo, respectivamente. As porcentagens de redução das perdas de N-NH<sub>3</sub> pelos fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura na cultura do milho em comparação à ureia perolada no sistema de cultivo convencional foram: 20,6; 76,0 e 37,4% para a ureia+Cu+B, ureia+NBPT e fertilizante complexo, respectivamente. Portanto, a ureia+NBPT obteve as maiores reduções de perda do N-NH<sub>3</sub> quando comparada à ureia perolada.

Os resultados do presente trabalho mostram o potencial dos fertilizantes nitrogenados com inibidor de urease na redução das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização mesmo quando utilizados em cobertura no sistema de plantio direto. No entanto, a ureia com inibidor de urease deve ser avaliada com precaução, como salientado por Otto et al. (2017), considerando o preço desses fertilizantes em relação à ureia e seus efeitos sobre a produtividade que não foi avaliada neste estudo.

## Conclusões

Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que a ureia perolada é o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização quando aplicada na adubação de cobertura. A ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, é o fertilizante mais eficiente na redução das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização. As perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização na adubação nitrogenada de cobertura do milho no sistema de plantio direto são superiores às do sistema de cultivo convencional.

## Ammonia volatilization from Nitrogen topdressing fertilization in second-crop corn cultivated under two management systems

### Abstract

Controlled-release fertilizers are possible strategies to reduce losses through fertilization and increase nitrogen (N) use efficiency. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of N sources applied to second-crop corn cultivation. The experiment was carried out in a randomized block design in a 2 x 4 factorial scheme. Two cultivation systems (conventional and no-tillage) and four N fertilizers (urea pearls pure, urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer) with four replications were studied. Losses of N-NH<sub>3</sub> by volatilization were evaluated up to 14 days after corn N fertilization. The data were subjected to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test at 5% probability. Under the conditions in which the study was carried out, it was observed that urea pearls pure was the least efficient N fertilizer in restricting N-NH<sub>3</sub> through volatilization losses. The most efficient fertilizer was NBPT-treated urea. Losses of N-NH<sub>3</sub> by volatilization in the no-tillage system were higher than in the conventional cultivation system.

**Keywords:** Nitrogen. Urea. Fertilizing.

### Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 109-119, 2003.
- CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto**, 1, 1998, Rio Verde. 06 set. 2017.
- CANCELLIER, E. L.; GUELF, D. R.; FAQUIM, V.; GONÇALVES, B. A. de; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian Cerrado with improved soil fertility. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.
- DAWAR, K.; ZAMAN, M.; ROWARTH, J. S.; BLENNERHASSETT, J.; TURNBULL, M. H. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: effects of urease inhibitor and irrigation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, n. 2, p. 139 – 146, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global inventory of NH<sub>3</sub>, emissions from mineral fertilizers and animal manure applied to croplands and grasslands**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 06 out. 2017.

JONES, C. A.; KOENIG R. T.; ELLSWORTH, J. W.; BROWN, B. D. JACKSON, G. D. **Management of urea fertilizer to minimize volatilization**. Montana State University Extension 2007. 173 p.

LAMA, P. I. **Nitrato e amônio na solução de solo sob diferentes usos agrícolas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 43f. Dissertação Mestrado.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de amônia-N na cultura de milho: I - Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; GASCHO, G. J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p. 389- 406, 1999.

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 da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 345-352, set./dez. 1990.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

MAESTRELO, P. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P. de; RODRIGUES, M. A. C. de; LINO, A. C. M.; ANDREOTTI, M.; Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 192-199, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, p. 308, 1997.

MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Better Crops**, v. 93, n. 4, p. 9-11, oct. 2009.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to Forest soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 309-318, 1973.

OTTO, R.; ZAVASCHI, E.; SOUZA NETTO, G. J. M. ; MACHADO, B. D.; MIRA, A. B. de; Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers applied to sugarcane straw. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 413-418, 2017.

PEREIRA, H. S. P.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, 2009.

SHAVIV, A. **Controlled release fertilizers**. In: International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 1., 2005, Frankfurt. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 13.

SOUZA, T. L.; GUELFY, D. R.; SILVA, A. L.; ANDRADE, A. B.; CHAGAS, W. F. T.; CANCELLIER, E. L. Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 494-510, 2017.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. Paris: IFA, 2010. 163 p. Verde: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 78-92. 96p.

WATSON, C. J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J. T. G.; MATTHEWS, D. I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(N-Butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 246-253, 2008.

**Submetido em:** 19/07/2018

**Aceito em:** 17/01/2019