

## Lixiviação de Nitrogênio influenciada pela presença de inibidores da urease em adubos orgânicos e minerais<sup>(1)</sup>.

**Késia Silva Lourenço<sup>(2)</sup>; Paulo Roberto Ernani<sup>(3)</sup>; Juliano Corulli Corrêa<sup>(4)</sup>; Lucas Silva Lourenço<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

<sup>(2)</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo de Campinas; Campinas, SP. E-mail: [skesia@yahoo.com.br](mailto:skesia@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos, UDESC; Lages, SC. Pesquisador do CNPq. E-mail: [prernani@cav.udesc.br](mailto:prernani@cav.udesc.br); <sup>(4)</sup> Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia - SC, E-mail: [juliano@cnpa.embrapa.br](mailto:juliano@cnpa.embrapa.br); <sup>(5)</sup> Acadêmico de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), [lucas22louren@hotmail.com](mailto:lucas22louren@hotmail.com).

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo quantificar as perdas de N por lixiviação de amônio e nitrato decorrente da aplicação de cama de aves granulada, na presença ou não de inibidores de urease (NBPT), em comparação com adubos minerais. O experimento foi conduzido sobre um Nitossolo Bruno. Os tratamentos consistiram da utilização de fertilizantes orgânicos e minerais (cama de aves e ureia com ou sem NBPT, nitrato de K (KNO<sub>3</sub>), fertilizante revestido e uma testemunha). As unidades experimentais foram constituídas por canos de PVC preenchidos com 1,0 kg de solo. A dose de N utilizada foi de 200 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Os tratamentos foram incorporados ao solo nos primeiros cinco cm, e as avaliações foram realizadas semanalmente, durante 77 dias. A lixiviação de N para a cama de aves, totalizou, respectivamente, 12 e 15 % do N aplicado, na ausência e presença de NBPT; nos tratamentos com KNO<sub>3</sub>, ureia, ureia+NBPT e fertilizante revestido a lixiviação atingiu, respectivamente, 97, 89, 83 e 53 % do N aplicado. A utilização do inibidor da urease não foi eficiente em retardar a lixiviação de N a partir da adição de cama de aves granulada e ureia. Contudo, a utilização do adubo revestido com polímeros poderá ser uma alternativa para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. A percolação de N (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na cama de aves é baixa quando decorrente da aplicação ao solo de cama de aves, combinada ou não com NBPT.

**Termos de indexação:** Amônio, nitrato, cama de aves.

### INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelas plantas, porém está sujeito a diversas reações no sistema que envolve o solo, a planta e a atmosfera, sendo muitas delas relacionadas com perdas a partir do solo. Dentre estas reações de perdas, destaca-se a volatilização

de amônia (NH<sub>3</sub>) e a lixiviação de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), responsável pela baixa eficiência de utilização de fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo (Sangoi et al., 2003).

A cama de aves é o adubo orgânico de origem animal mais utilizado na região sul do Brasil, devido à abundância, preço e facilidade de manipulação. Além disso, esse material orgânico possui vários nutrientes disponíveis a curto ou médio prazo. Entretanto, as quantidades de N disponibilizadas às plantas em curto prazo são variáveis, uma vez que tanto a mineralização quanto as reações que levam à perda do N aplicado ocorrem simultaneamente (Sharpe et al., 2004; Tewolde et al., 2009).

Uma das reações responsáveis pela volatilização do N-NH<sub>3</sub> e lixiviação de N nos fertilizantes orgânicos e minerais envolve inicialmente a hidrólise dos compostos amidícos por meio da urease, uma enzima extracelular comum nos solos, produzida por bactérias, actinomicetes, fungos de solo, ou ainda originada dos restos vegetais. Com o objetivo de retardar a hidrólise dos compostos amidícos, substâncias com potencial de atuar como inibidores da urease têm sido avaliados, retardando as reações que levam a formação de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e conseqüentemente a volatilização, nitrificação e lixiviação de N.

Recentemente, alguns compostos químicos, entre eles o NBPT (tiofosfato de N-butiltriamida), têm sido utilizado com o objetivo de diminuir a velocidade de hidrólise dos compostos amidícos, por meio da inibição da atividade da urease. Resultados experimentais mostram que esses fertilizantes têm diminuído a atividade da urease (Sanz-Cobena et al., 2008) e, com isso, retardando a hidrólise da ureia e, por sua vez, o pico de volatilização de NH<sub>3</sub> e lixiviação de N (Cantarella et al., 2008; Sanz-Cobena et al., 2008), com reflexos positivos no rendimento das culturas.

Outra possibilidade para diminuir a lixiviação de N e aumentar a eficiência da adubação nitrogenada é o uso de fertilizantes revestidos com polímeros. Estudos mostram que o uso de ureia revestida

reduzem a lixiviação de N em relação à ureia comum (Wang & Alva, 1996; Wilson et al., 2009), refletindo em maiores produtividades.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas de N por lixiviação de amônio e nitrato, decorrente da aplicação de cama de aves granulada na presença ou não de inibidores de urease em comparação com adubos minerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em laboratório, no ano de 2012, no Centro de Ciências Agroveterinárias, CAV-UDESC, sobre um Nitossolo Bruno que possuía 79% de argila, pH 4,6, 2,3% de MO. Após a coleta, o pH foi corrigido para 6,0. Os tratamentos consistiram da utilização de fertilizantes orgânicos e minerais: cama de aves, cama de aves + NBPT (tiofosfato de N-n-butiltriamida ou N-n-butiltriamida do ácido tiofosfórico), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ), ureia, ureia + NBPT e um produto comercial de liberação lenta (adubo revestido com polímeros) além da testemunha (sem N).

A cama de ave utilizada foi proveniente de granjas produtoras de frangos de corte, utilizada durante a produção de seis lotes de aves. A composição média da cama de aves (média com e sem NBPT), em base natural apresentou: N total = 2,00 %, N solúvel total = 0,40 %, N amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) = 0,15 %, N nítrico ( $\text{N-NO}_3^-$ ) = 0,00 %, N-ureia = 0,10 %, 81 % de umidade e relação C:N = 13:1. Os demais fertilizantes possuíam 45% de N, com exceção do fertilizante de liberação lenta, que apresentava 39% de N. As amostras de cama de aves foram compostadas durante 80 dias. Posteriormente foram granuladas, com aquecimento durante o processo entre 35-40 °C, posteriormente os grânulos foram embebidos ou não no inibidor da urease - NBPT. A quantidade de inibidor adicionado foi a mesma utilizada no fertilizante comercial ureia, ou seja, 4 litros do produto comercial (tiofosfato de N-n-butiltriamida - NBPT) por Mg de cama de aves compostada e granulada.

As unidades experimentais foram constituídas por canos de PVC preenchidos com 1,0 kg de solo (base seca). Foi utilizada uma dose de 200 mg  $\text{kg}^{-1}$  de N, equivalente a 400 kg de N  $\text{ha}^{-1}$ , as unidades experimentais foram constituídas por colunas de lixiviação, confeccionadas a partir de tubos de PVC, com 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Na base de cada coluna foi colocada uma tampa de PVC, na qual se fez um orifício na parte central, com aproximadamente 3 mm de diâmetro, a fim de permitir a saída da solução percolada. A metade inferior de cada coluna foi envolta com um saco plástico, ajustado na forma de funil, o qual continha um furo na extremidade inferior, para facilitar o

direcionamento da solução percolada para os frascos de coleta.

Em cada coluna, as amostras de solo foram acondicionadas a uma altura aproximada de 25 cm, sem compactação. Os fertilizantes foram incorporados nos primeiros cinco cm de solo. As unidades experimentais foram acondicionadas em suportes longitudinais de madeira, cuja base inferior ficava 20 cm acima da superfície de apoio, a fim de permitir a colocação dos frascos de coleta a baixo delas. As percolações iniciaram uma semana após a aplicação do fertilizante e foram repetidas a cada sete dias, durante 11 semanas.

Em cada percolação, adicionou-se manualmente, com ajuda de uma piceta, 300 ml de água destilada sobre a superfície de cada coluna, o que correspondeu a 380 mm de chuva. A solução percolada foi coletada no dia seguinte, para determinação do volume e das concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . Estas formas de N foram determinadas por arraste de vapor, em aparelho semi-micro Kjeldahl, conforme método proposto por Tedesco et al. (1995). Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lixiviação de amônio não variou com os fertilizantes nitrogenados, independente da presença ou não do inibidor da urease, exceto para a ureia (**Figura 1**). As perdas de N seguiram a sequência: ureia + NBPT ( $17,9 \text{ mg coluna}^{-1}$ ) > ureia ( $2,9 \text{ mg coluna}^{-1}$ ) = fertilizante revestido = nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) = cama de aves = cama + NBPT = testemunha. No tratamento em que não foi aplicado N (testemunha), a percolação de amônio foi muito pequena no decorrer das 11 percolações ( $0,2 \text{ mg coluna}^{-1}$ ) e resultou da mineralização da matéria orgânica nativa do solo (Silva & Vale, 2000). A lixiviação de  $\text{N-NH}_4^+$  nos tratamentos com cama de aves (com ou sem NBPT), assim como naqueles com  $\text{KNO}_3$ , fertilizante revestido e ureia convencional foram insignificantes e não diferiram da testemunha, com lixiviação média total equivalente a  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N nas 11 percolações (**Figura 1**).

A lixiviação de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) variou com os fertilizantes nitrogenados (**Figura 1**). Ela seguiu a sequência: nitrato de potássio > ureia (com ou sem NBPT) > fertilizante revestido > cama (com ou sem NBPT) > testemunha. A utilização do inibidor da urease (NBPT) não influenciou as perdas de  $\text{N-NO}_3^-$  para os diferentes fertilizantes. No tratamento sem aplicação de N (testemunha), a lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  foi baixa, totalizando  $20,2 \text{ mg coluna}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$ .

A percolação de nitrato demorou a iniciar onde o N foi aplicado na forma amídica e se deveu à permanência do N na forma amoniacal, em grande parte adsorvido às cargas negativas do solo. No tratamento onde foi aplicado ureia, a lixiviação total de  $N-NO_3^-$  foi semelhante na presença ( $166 \text{ mg coluna}^{-1}$ ) e na ausência ( $179 \text{ mg coluna}^{-1}$ ) do inibidor da urease (**Figura 1**), com perdas de 76 % do N total aplicado ao solo.

A lixiviação de  $N-NO_3^-$  no tratamento com  $KNO_3$  nas quatro primeiras percolações atingiu  $177,8 \text{ mg coluna}^{-1}$  de N (89 % do N aplicado) (**Figura 1**). No total das percolações, a lixiviação de  $N-NO_3^-$  neste tratamento atingiu 97 % do N total aplicado ao solo, uma vez que o N já se encontra nesta forma. Como o nitrato não é adsorvido por meio de complexos de superfície, ele permeia todo na solução do solo, podendo ser lixiviado facilmente. Wang & Alva (1996) e Mantovani et al. (2007) também verificaram que a percolação de nitrato foi rápida onde foi aplicado fertilizante nítrico. Em solos de regiões com altas precipitações pluviométricas se deve, portanto, evitar a adição de fertilizantes nítricos.

No tratamento que recebeu fertilizante revestido, a lixiviação de nitrato foi retardada em relação ao tratamento com  $KNO_3$ . No fertilizante revestido o N está basicamente na forma de ureia, porém possui uma camada protetora que disponibiliza menor quantidade de N quando comparada com a ureia convencional. No total das percolações, a quantidade de nitrato lixiviada foi de  $125 \text{ mg coluna}^{-1}$  (**Figura 1**), totalizando 62 % do N aplicado. Wilson et al. (2009) e Wang & Alva (1996) observaram menor lixiviação de  $N-NO_3^-$  em amostras de solo tratadas com nitrato de amônio e ureia de liberação gradual em relação ao tratamento onde foi aplicado N solúvel.

A adição do inibidor de urease à cama de aves não influenciou a lixiviação de  $N-NO_3^-$ . No total das percolações, a lixiviação no tratamento que recebeu cama de aves, (média das camas com e sem NBPT) com valor descontado do tratamento que não recebeu fertilizante, foi de  $26,6 \text{ mg coluna}^{-1}$ , o que corresponde a 13 % do N aplicado ao solo (**Figura 1**). As diferenças entre os fertilizantes orgânicos e minerais em relação à lixiviação de  $N-NO_3^-$  se deve a forma em que o N estava presente nos fertilizantes. Na ureia, o N está na forma amídica  $[CO(NH_2)_2]$  enquanto que nas camas de aves ele está predominantemente na forma orgânica estável, mas também como amida, ácido úrico amônio e nitrato (THOMSEN, 2004). As formas orgânicas têm que ser mineralizadas para liberar o N para as plantas, o que depende da atividade biológica.

Em estudos realizados no sudeste dos EUA (Marshall et al., 2000), com aplicação de cama de aves em pastagem, verificou-se insignificante lixiviação de  $N-NO_3^-$ . Maeda et al. (2003), em experimento a campo conduzido por sete anos, tratado com dejetos suíno, ureia revestida e nitrato de

amônio, verificaram que a concentração de nitrato na água a 1,0 m de profundidade aumentou a partir do 15º mês nos tratamentos com ureia revestida e nitrato de amônio; com dejetos de suíno isso aconteceu apenas no quarto ano, indicando que inicialmente o N é acumulado no solo na forma orgânica e posteriormente mineralizado e perdido por lixiviação.

A quantidade lixiviada total de amônio + nitrato variou com os fertilizantes nitrogenados e não houve influência do inibidor da urease (**Figura 1**). A lixiviação seguiu a sequência: nitrato de potássio ( $194 \text{ mg}$ ) > ureia ( $162 \text{ mg}$ ) = ureia + NBPT ( $163 \text{ mg}$ ) > fertilizante revestido ( $126 \text{ mg}$ ) > cama de aves ( $23 \text{ mg}$ ) = cama de aves + NBPT ( $30 \text{ mg}$ ) > testemunha ( $20 \text{ mg}$ ). A adição do inibidor da urease juntamente com os fertilizantes nitrogenados não afetou a lixiviação acumulada de N mineral ( $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ), na cama de aves devido à baixa concentração de ureia no material, apenas 0,1 % do N total.

O  $KNO_3$  lixiviou N mineral mais rapidamente que os demais fertilizantes devido à forma como o N está nesse fertilizante, como nitrato, além do deslocamento de amônio das cargas elétricas do solo para a solução pelo K aplicado (**Figura 1**). Parte desse amônio nitrifica e pode ser lixiviado. Para os demais fertilizantes, a lixiviação do N mineral foi significativa a partir da quinta percolação. O retardamento da lixiviação, após a adição de fertilizantes ao solo, é extremamente desejável, pois permite um maior período de absorção pelas plantas, aumentando, com isso, a utilização do nutriente. A movimentação de nitratos para camadas profundas do solo é indesejável, pois, além de diminuir o uso do N pelas plantas, pode contaminar as águas subterrâneas (Ottman & Pope, 2000).

## CONCLUSÕES

A utilização do inibidor da urease não foi eficiente em retardar a lixiviação de N a partir da adição ao solo de cama de aves granulada e ureia. Contudo, a utilização do fertilizante revestido pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados.

A adição de fertilizantes nitrogenados amídicos a solos ácidos retarda a percolação de N em relação aos adubos nítricos porque mantém o  $N-NH_4^+$  adsorvido por certo tempo nas cargas elétricas negativas. Contudo, a lixiviação de nitrato é intensa a partir de fertilizantes nítricos, com perdas consideráveis a partir das primeiras percolações.

A percolação de N ( $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ ) na cama de aves é baixa quando decorrente da aplicação ao solo de cama de aves, combinada ou não com NBPT.

## REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIM, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.;

COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*, 65:397-401, 2008.

MAEDA, M. ZHAO, B. OZAKI, Y. & YONEYAMA, T. Nitrate leaching in an Andisol treated with different types of Fertilizers. *Environ. Pollut.*, 121:477-487, 2003.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P.R. & SANGOI, L.A. adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 31:887-895, 2007.

MARSHALL, S. B.; Wood, C.W.; Braun, L.C.; Cabrera, M.L.; Mullen, M.D. & Guertal, E.A. Ammonia volatilization from tall fescue pastures fertilized with broiler litter. *J. Environ. Qual.*, 27:1125-1129, 1998.

OTTMAN, M.J. & POPE, N.V. Nitrogen fertilizer movement in the soils as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1883-1892, 2000.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. *Cienc. Rural*, 33: 65-70, 2003.

SANZ-COBENA, A.; MISSELBROOK, T.H.; ARCE, A.; MINGOT, J.I.; DIEZ, J.A. & VALLEJO, A. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 126:243-249, 2008.

SILVA, C.A. & VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes de nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2461-2471, 2000.

SHARPE, R.R.; SCHOMBERG, H.H.; HARPER, L.A.; ENDALE, D.M.; JENKINS, M.B.; FRANZLUEBBERS, A.J. Ammonia volatilization from surface applied poultry litter under different tillage management practices. *J. Environ. Qual.*, 33:1183-1189, 2004.

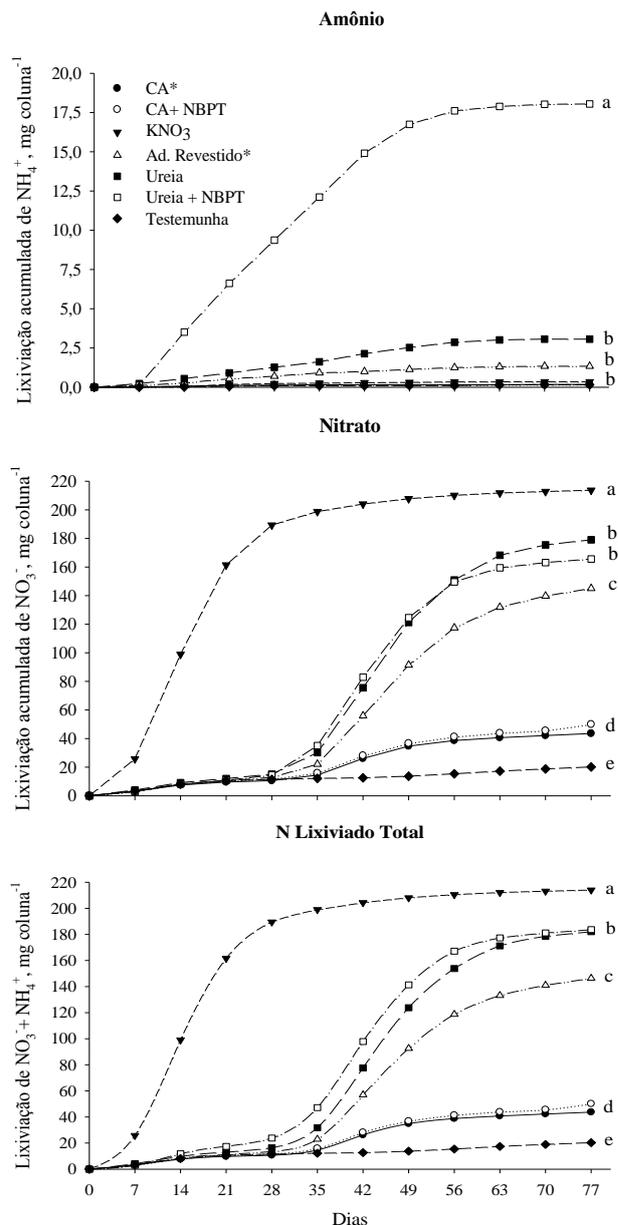
TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico n°5).

TEWOLDE, H.; ARMSTRONG, S.; WAY, T. R.; ROWE, D. E.; SISTANI, K. R. Cotton Response to Poultry Litter Applied by Subsurface Banding Relative to Surface Broadcasting. *Soil Science Society of America Journal*. 73:384-389, 2009.

THOMSEN, I.K. Nitrogen use efficiency of 15N-labeled poultry manure. *Soil Sci. Soc Am J.*, 68:538-544, 2004.

WANG, F.L.; ALVA, A.K. Leaching of nitrogen from slow-release urea sources in sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am J.*, 60:1454-1458, 1996.

WILSON, M.L.; ROSEN, C.J. & MONCRIEF, J.F. Potato Response to a Polymer-Coated Urea on an Irrigated, Coarse-Textured Soil. *Agron. J.*, 101:897-905, 2009.



**Figura 1** - Perdas acumuladas de N por lixiviação de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio + nitrato ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) em  $\text{mg coluna}^{-1}$ , decorrente da incorporação de  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de N a partir de fertilizantes nitrogenados, na presença ou não de tiofosfato de N-n-butiltriamida (NBPT). Médias de quatro repetições. Letras minúsculas comparam as perdas acumuladas entre os diferentes fertilizantes aos 77 dias após a aplicação ao solo. Tratamentos sucedidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, com 5% de significância. \*CA = Cama de aves, \* Ad. Revestido = Tratamento Adubo revestido com polímeros.