



Foto: Márcia Thais de Melo Carvalho

COMUNICADO
TÉCNICO

241

Santo Antônio de Goiás, GO
Janeiro, 2018



Impacto de Fontes de Nitrogênio Sintético sobre a Emissão de Gás de Efeito Estufa e a Produtividade do Feijão-Comum

Márcia Thais de Melo Carvalho
Beáta Emöke Madari

Pedro Marques da Silveira

Tatiely Gomes Bernardes

Maria da Conceição Santana Carvalho

Mellissa Ananias Soler da Silva

Impacto de Fontes de Nitrogênio Sintético sobre a Emissão de Gás de Efeito Estufa e a Produtividade do Feijão-Comum¹

¹ Márcia Thaís de Melo Carvalho, Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Produção Ecológica e Conservação de Recursos, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Beáta Emöke Madari, Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Pedro Marques da Silveira, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Tatiely Gomes Bernardes, Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora do Instituto Federal de Pernambuco, Barreiros, PE. Maria da Conceição Santana Carvalho, Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Mellissa Ananias Soler da Silva, Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

O cultivo de feijão-comum irrigado no Cerrado exige o uso de fontes de nitrogênio (N) sintético para o desenvolvimento adequado das plantas. Porém, o manejo do N sintético no sistema produtivo nem sempre é eficiente, acarretando perdas que podem onerar o custo de produção. Portanto, novas fontes de N sintético estão sendo testadas a fim de mitigar as perdas gasosas de N. Essas fontes incluem a proteção química e física da ureia. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de diferentes fontes de N sintético sobre as perdas gasosas de N nas formas de NH_3 e N_2O , fatores de emissão, produtividade de grãos e intensidade de emissão no cultivo de feijão-comum irrigado em sistema plantio direto no Cerrado, ao longo de duas safras, 2010 e 2011.

Introdução

O solo é formado por água, ar e elementos minerais e orgânicos (incluindo macro e microorganismos) que compõem a matriz para o sustento da vida. O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), espécie vegetal comercialmente mais consumida no Brasil, ainda não é capaz de realizar uma simbiose eficiente com bactérias do solo fixadoras de N e, portanto, a adição de N sintético ao solo é necessária para o desenvolvimento adequado das plantas. Porém, o N aplicado via fertilizantes nem sempre é totalmente aproveitado pelas plantas, podendo acarretar perdas que geram impacto negativo sobre o ambiente e prejuízo para o produtor. As perdas de N no sistema produtivo podem ocorrer por volatilização, emissão ou lixiviação.

A volatilização de amônia (NH_3) é uma perda importante no sistema produtivo, pois a adubação nitrogenada é frequentemente feita em cobertura sobre o solo ou restos culturais. A amônia volatilizada para a atmosfera pode ser novamente depositada na superfície terrestre, sendo considerada uma fonte de emissão indireta de óxido nitroso (N_2O). A emissão de N_2O é resultado da transformação do N no solo por microrganismos. Assim, novas fontes de N sintético estão sendo testadas no sentido de diminuir as perdas gasosas de N no sistema produtivo, pois o óxido nitroso é um potente gás de efeito estufa (GEE).

O aumento da concentração dos GEE na atmosfera está relacionado ao aquecimento global. O dióxido de carbono (CO_2), resultado da queima de combustível fóssil, de florestas e de resíduos vegetais, é o GEE liberado em maior quantidade para a atmosfera desde o início do século XX, com o advento da era industrial. O metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) são GEE com um potencial de aquecimento global (PAG) 21 e 310 vezes maiores, respectivamente, do que o PAG do CO_2 , em um período de 100 anos na atmosfera (Brasil, 2014). Atividades do setor agropecuário estão entre as mais importantes fontes de emissão de CH_4 e N_2O . O setor agropecuário foi responsável por 37% das emissões de GEE em 2012, no Brasil, equivalente ao emitido pelo setor de energia e transportes. Entre as principais fontes de emissão de GEE no setor agropecuário brasileiro estão a fermentação entérica (56%) e os solos

agrícolas (36%). A emissão de N_2O pelo setor agropecuário brasileiro aumentou 14% entre 2005 e 2012, especialmente devido ao uso crescente de fertilizantes sintéticos, sendo a ureia a principal fonte utilizada (Brasil, 2014).

Estudo de caso

Foram avaliadas duas safras de feijão-comum irrigado em sistema plantio direto, no outono-inverno no Cerrado (maio a agosto) nos anos de 2010 e 2011. Em 04 de junho de 2011, a palhada (resíduos vegetais sobre o solo, principalmente milho) pesou em média 6 ton ha^{-1} . O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho ácrico típico, textura argilosa, na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão. As propriedades químicas de amostras de solo, coletadas na profundidade de 0-20 cm e analisadas em agosto de 2011, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho ácrico típico argiloso em sistema de produção de feijão-comum irrigado sob plantio direto e tratamentos com diferentes fontes de N sintético, em agosto de 2011.

Tratamento	Variáveis (0-20 cm)							
	Ca	Mg	Al	H+Al	pH	P	K	M.O.
	---(mmol _c dm ⁻³)---				(H ₂ O)	(mg dm ⁻³) (g kg ⁻¹)		
UREIA	19	5,8	1,6	58	5,26	27	105	25
SULFATO	13	4,6	3,2	70	5,02	43	102	26
UREIA+NBPT	14	5,0	2,4	60	5,24	27	125	24
UREIA+POL	17	5,8	1,6	64	5,36	42	123	25
NITRATO	18	6,0	1,8	60	5,36	34	120	24
CONTROLE	17	6,0	1,6	60	5,54	30	121	24

NBPT: N-triamida (n-butil) tiofosfórico; POL: polímero; M.O.: matéria orgânica.

O desenho experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram CONTROLE (sem aplicação de N sintético) e cinco diferentes fontes de N sintético aplicadas na semeadura, no sulco de plantio (20 kg ha⁻¹ de N) e em cobertura, a lanço (80 kg ha⁻¹ de N) (Figura 1). Após a aplicação dos fertilizantes foi realizada a irrigação (13 mm). Ao longo de cada safra do feijoeiro foi aplicado um total de 350 mm de água por aspersão, via pivô-central (Bernardes, 2011). As diferentes fontes de N sintético utilizadas foram:

- 1) ureia comum (UREIA) - 44% N;
- 2) ureia com inibidor da urease (UR+NBPT) - 45% N;
- 3) ureia recoberta com polímero (UR+POL) - 41% N + 1% cálcio (Ca);
- 4) sulfato de amônio (SULFATO) - 20% N + 22% de enxofre (S);
- 5) nitrato de amônio (NITRATO) - 32% N.



Figura 1. Adubação nitrogenada de cobertura em sistema de produção de feijão, aos 26 dias após a emergência das plântulas. Santo Antônio de Goiás, GO, 2010.

No tratamento UR+NBPT foi utilizado o produto fertilizante comercial cuja tecnologia consiste em adicionar à ureia o inibidor da enzima urease NBPT (N-triamida (n-butil) tiofosfórico) (Figura 2A). O NBPT ocupa o sítio ativo da urease, adiando a ação da enzima por até sete dias. Após esse período o inibidor começa a perder gradativamente seu efeito. No tratamento UR+POL foi utilizado como fonte um fertilizante nitrogenado comercial cujos grânulos de ureia são revestidos por três camadas de polímeros (Figura 2B).



Foto: Tatiely Gomes Bernardes

Figura 2. Fertilizantes nitrogenados em base de ureia tratada com inibidor de urease NBPT (A) e ureia revestida com polímero (B). Santo Antônio de Goiás, GO, 2010.

A perda de N foi monitorada semanalmente ao longo das duas safras do feijoeiro, utilizando câmaras estáticas manuais para a determinação da emissão de N₂O (Figura 3A) e câmaras estáticas semiabertas manuais com solução captura para a determinação da volatilização de NH₃ (Figura 3B). A quantificação da perda de N foi realizada em laboratório, por meio de cromatografia gasosa para N₂O e via titulação para NH₃.



Foto: Márcia Thais de Melo Carvalho

Figura 3. Câmaras estáticas manuais para coleta de N_2O (A) e para captura de NH_3 (B) em campo.

Os resultados apresentados compõem a soma dos efeitos observados nas duas safras, 2010 e 2011, sobre perdas gasosas de N ($N-N_2O$ e $N-NH_3$) e a produtividade de grãos de feijão. A perda gasosa de N é composta pela soma dos fluxos de NH_3 (29 dias) e N_2O (40 dias), medidos em 2010; e dos fluxos de NH_3 (24 dias) e N_2O (40 dias), medidos em 2011.

O fator de emissão da adição de fertilizante mineral (FE_1 , % ou $[kg\ N-N_2O\ (kg\ N)^{-1}] * 100$) foi calculado como a proporção de gás de efeito estufa (N_2O) emitido, oriundo da aplicação do fertilizante nitrogenado (Klein et al., 2006). Quanto menor for o FE_1 , menor será a perda de N no sistema de produção oriundo da fonte de N aplicada. O fator de volatilização da adição de fertilizante mineral ($Frac_{GASF}$, % ou $[kg\ N-NH_3\ (kg\ N)^{-1}] * 100$) foi calculado de maneira similar ao FE_1 , considerando o $N-NH_3$ (Klein et al., 2006).

A intensidade de emissão foi calculada como a quantidade de gás de efeito

estufa (N_2O+NH_3) perdido do sistema de produção por unidade de produto. Por exemplo, a intensidade de emissão indica quantos gramas de N, na forma de N_2O e NH_3 foram perdidos por quilograma de grão produzido. Quanto menor for a intensidade de emissão, maior será o aproveitamento do N no sistema de produção.

O teste de Tukey foi aplicado para indicar se houve efeito significativo ($\alpha \leq 0.05$) dos tratamentos. Análises foram feitas considerando bloco como efeito aleatório e tratamento como efeito fixo no procedimento para modelo misto (Proc MIXED) do software SAS/STAT® (SAS Institute, 2008).

Resultados

A perda de N na forma de NH_3 foi maior nos tratamentos fertilizados com ureia (UREIA) e ureia revestida com polímero (UR+POL) do que nos tratamentos ureia com inibidor de urease (UR+NBPT), sulfato e nitrato de amônio (SULFATO e NITRATO). A volatilização de NH_3 no tratamento UR+NBPT foi maior do que nos tratamentos SULFATO e NITRATO (Figura 4A). As perdas de N na forma de N_2O foram equivalentes nos tratamentos UREIA, UR+NBPT e UR+POL. A emissão de N_2O foi maior no tratamento UREIA do que no tratamento UR+POL (Figura 4B). Quando somadas a volatilização e a emissão, a maior perda de N total foi observada para os tratamentos UREIA e UR+POL, seguidos de UR+NBPT. Nos tratamentos com NITRATO e SULFATO, a perda de N total foi igual ao do tratamento

CONTROLE, indicando que a aplicação desses fertilizantes no solo não teve efeito significativo sobre as perdas gasosas de N no sistema de produção (Figura 4C). A maior parte da perda gasosa de N, cerca de 96%, ocorreu na forma de NH_3 .

O fator de emissão (FE_1) de N_2O devido ao uso de fertilizante nitrogenado foi, em ordem crescente: 0,01% para SULFATO; 0,09% para NITRATO; 0,10% para UR+POL; 0,21% para UR+NBPT; e 0,36% para UREIA. O uso da ureia revestida com polímero reduziu em 72% o FE_1 de N_2O em relação ao uso da ureia comum. Todos os FE_1 de N_2O encontrados neste estudo ficaram abaixo (exceto para UREIA) do FE_1 padrão de 1% (faixa de incerteza 0,3%) para o uso de fertilizante nitrogenado preconizado por Klein et al. (2006). O $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ de NH_3 , devido ao uso de fertilizante nitrogenado foi, em ordem crescente: 1% para NITRATO, 2% para SULFATO, 9% para UR+NBPT, 16% para UR+POL, e 17% para UREIA, valores ao redor do padrão de 10% (faixa de incerteza 3%-30%) preconizado por Klein et al. (2006). O uso da ureia com o inibidor de urease NBPT reduziu em 47% o $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ por volatilização de NH_3 , em relação ao uso da ureia comum.

Portanto, em relação ao uso da ureia comum, a proteção química (com inibidor de urease NBPT) favoreceu a redução de perdas de N por volatilização de NH_3 , enquanto que a proteção física (revestida com polímero) favoreceu a redução de perdas de N do fertilizante por emissão de N_2O .

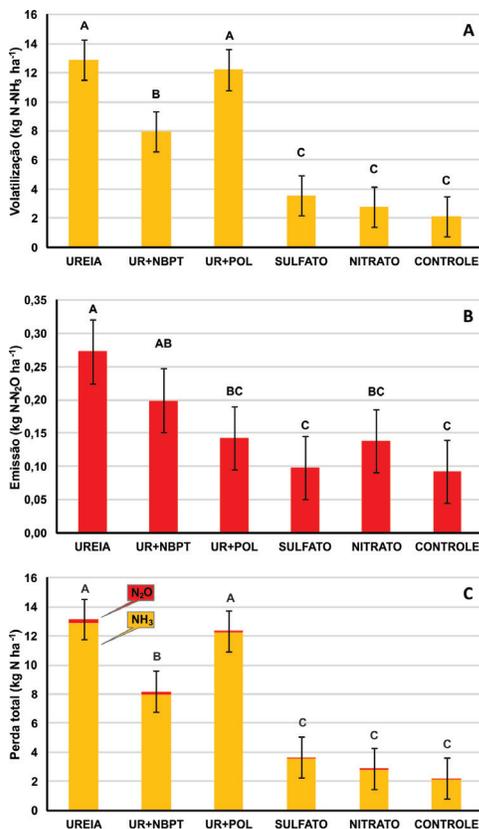


Figura 4. Perda gasosa de N por volatilização de amônia A); emissão de óxido nitroso B); e total C), oriunda do uso de diferentes fontes de N sintético aplicado em sistema de produção de feijão-comum irrigado em plantio direto no Cerrado, (safras 2010 e 2011).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com probabilidade $\leq 5\%$. Barra de erros indica o erro padrão.

A produtividade do feijoeiro foi maior para todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada do que no tratamento CONTROLE. A produtividade com UREIA foi equivalente a dos tratamentos UR+NBPT e UR+POL, SULFATO e NITRATO. Porém, a produtividade foi maior no tratamento UR+POL

do que nos tratamentos UR+NBPT e NITRATO (Figura 5). No entanto, a intensidade de emissão no sistema de produção foi maior nos tratamentos UREIA, UR+NBPT e UR+POL do que nos tratamentos SULFATO e NITRATO. Todavia, o fertilizante UR+NBPT apresentou menor intensidade de emissão do que a UREIA (Figura 6).

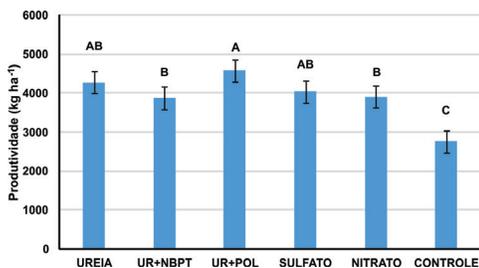


Figura 5. Produtividade de grãos de feijão-comum em razão do uso de diferentes fontes de N sintético aplicado em sistema de produção irrigado em plantio direto no Cerrado, (safras 2010 e 2011).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com probabilidade $\leq 5\%$. Barra de erros indica o erro padrão.

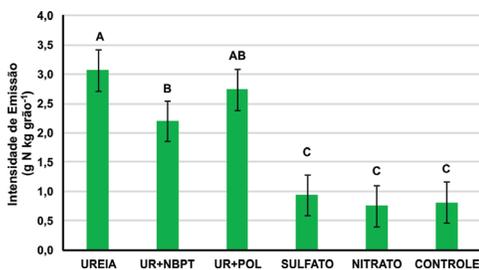


Figura 6. Intensidade de emissão de gás de efeito estufa oriundo do uso de diferentes fontes de N sintético aplicado em sistema de produção de feijão-comum irrigado em plantio direto no Cerrado (safras 2010 e 2011).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com probabilidade $\leq 5\%$. Barra de erros indica o erro padrão.

Considerações finais

A volatilização de NH_3 representou cerca de 96% das perdas gasosas de N no sistema de produção de feijão-comum irrigado. O fator de volatilização de NH_3 variou entre 1% para nitrato de amônio e 17% para ureia. O uso do inibidor de urease NBPT reduziu em 47% a perda de N por volatilização de NH_3 da ureia e, portanto, pode ser usado como uma estratégia para aumentar a eficiência do uso desse fertilizante, quando aplicado na superfície do solo sem incorporação. Por outro lado, o uso da ureia revestida com polímero favoreceu a redução da emissão de N_2O em relação ao uso da ureia comum. O fator de emissão de N_2O para o uso de adubo nitrogenado ficou entre 0,01% (sulfato de amônio) e 0,36% (ureia), abaixo do fator de emissão padrão de 1% preconizado por Klein et al. (2006).

A perda gasosa total de N (na forma de $\text{N}_2\text{O} + \text{NH}_3$) e a intensidade de emissão foi maior com a aplicação das fontes à base de ureia do que com o uso das fontes sulfato de amônio e nitrato de amônio. Porém, a ureia com inibidor de urease reduziu a intensidade de emissão em relação ao uso da ureia comum. Portanto, ureia com inibidor de urease, sulfato de amônio e nitrato de amônio são fontes sintéticas de N que podem contribuir para mitigar a emissão de óxido nitroso e a volatilização de amônia em sistemas de produção de feijão-comum irrigado em plantio direto no Cerrado, quando a adubação é realizada em cobertura.

Agradecimentos

Este estudo foi realizado pelo Projeto Fluxus - Emissão de gases de efeito estufa e balanço de carbono em sistemas de produção de grãos no Brasil, financiado pela Embrapa.

Referências

BERNARDES, T. G. **Volatilização de amônia e produtividade do feijoeiro irrigado adubado com diferentes fontes de nitrogênio**. 2011. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF, 2014. 161 p.

KLEIN, C. de; NOVOA, R. S. A.; OGLE, S.; SMITH, K. A.; ROCHETTE, P.; WIRTH, T. C.; McCONKEY, B. G.; MOSIER, A.; RYPDAL, K. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: **2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use**. [Geneva]: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme; [Hayama]: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. v. 4, cap. 11, p. 11.1-11-54.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT version 9.2**. Cary, 2008.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão
Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural,
Caixa Postal 179
CEP 75375-000,
Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2105
Fax: (62) 3533 2100
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
On-line (2018)


MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente
Lineu Alberto Domiti
Secretário-Executivo
Pedro Marques da Silveira

Membros
Aluísio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Élcio Perpétuo Guimarães, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, Roselene de Queiroz Chaves

Supervisão editorial
Luiz Roberto R. da Silva

Revisão de texto
Luiz Roberto R. da Silva

Normalização bibliográfica
Ana Lúcia Delalibera de Faria

Tratamento das ilustrações
Fabiano Severino

Editoração eletrônica
Fabiano Severino

Foto da capa
Márcia Thais de M. Carvalho