

## Eficiência de inibidores de nitrificação e fertilizante de liberação controlada na redução de emissão de N<sub>2</sub>O em cana-de-açúcar<sup>(1)</sup>

**Johnny Rodrigues Soares<sup>(2)</sup>; Heitor Cantarella<sup>(3)</sup>; Janaina Braga do Carmo<sup>(4)</sup>; Vitor Paulo Vargas<sup>(5)</sup>; Acácio Agostinho Martins<sup>(6)</sup>; Rafael Melo Sousa<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do projeto BIOEN/FAPESP, processo 2008/56147-1.

<sup>(2)</sup> Estudante de doutorado; Instituto Agronômico - IAC; Campinas, SP; johnny\_soares@ymail.com; bolsista CAPES;

<sup>(3)</sup> Pesquisador científico; IAC; cantarella@iac.sp.gov.br; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto; Universidade Federal de São Carlos; jbcarmo2008@gmail.com; <sup>(5)</sup> Estudante de doutorado; IAC; bolsista FAPESP; vitorpvargas@hotmail.com; <sup>(6)</sup> Estudante de mestrado; IAC; bolsista CAPES; acaciocac\_bn@hotmail.com; <sup>(7)</sup> Estudante de mestrado; IAC; bolsista FUNDAG; rafaelmelosousams@gmail.com.

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de fertilizantes de eficiência aumentada em reduzir as emissões de óxido nitroso oriundo da adubação nitrogenada no cultivo de cana-de-açúcar. Foi instalado um experimento no centro experimental do Instituto Agronômico, Campinas, SP, com os seguintes tratamentos: 1) Sem N; 2) Ureia; 3) UR+DCD; 4) UR+DMPP; 5) PSCU, com 4 repetições dispostas inteiramente ao acaso. Dicianodiamida (DCD) e o fosfato de 3,4-dimetilpirazole (DMPP) são inibidores de nitrificação. PSCU é um fertilizante de liberação controlada, a base de ureia recoberta por polímeros e enxofre. A dose de N aplicada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>. As medições de N<sub>2</sub>O foram feitas com câmaras estáticas de PVC, instaladas ao longo de uma linha de cana de 25 m de comprimento. Foram colocadas 20 câmaras, espaçadas a 1 m de distância uma da outra. O período de avaliação de emissão de gases foi durante o 1º ciclo de cana soca (220 dias), sendo feitas três coletas de gases por semana, nos primeiros meses após a aplicação dos fertilizantes. A emissão acumulada de N-N<sub>2</sub>O nesse período foi de 1100 g ha<sup>-1</sup>, no tratamento sem aplicação de N. Com a aplicação de ureia a emissão foi de 2000 g ha<sup>-1</sup>, que corresponde a 0,7% do N aplicado. A adição dos inibidores de nitrificação à ureia reduziu drasticamente a emissão de N<sub>2</sub>O, apresentando valores não diferentes do tratamento sem N. O tratamento com o fertilizante de liberação controlada resultou em emissão de N<sub>2</sub>O semelhante à ureia convencional.

**Termos de indexação:** fertilizantes de eficiência aumentada, aquecimento global, gases de efeito estufa.

### INTRODUÇÃO

A produção de biocombustível proveniente de cana-de-açúcar se destaca pela produção de energia renovável e pela redução de emissão de CO<sub>2</sub> em comparação aos combustíveis fósseis. Entretanto, a emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) oriundo da adubação nitrogenada durante o cultivo da biomassa pode diminuir o efeito benéfico de

redução de emissão de gases do efeito estufa (GEE) (Crutzen et al., 2008).

O N<sub>2</sub>O junto com o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) são os principais GEE que são emitidos devido às atividades antrópicas. O potencial de aquecimento global do N<sub>2</sub>O é 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

A quantidade de N<sub>2</sub>O emitido pelo uso de fertilizantes nitrogenados segundo a estimativa do IPCC é de 1% do N aplicado (IPCC, 2006). Outros autores mostram que esse número pode ser maior, como no trabalho de Crutzen et al. (2008), em que o fator de emissão foi de 3 a 5% do N aplicado.

A emissão de N<sub>2</sub>O no solo ocorre principalmente durante os processos de nitrificação e desnitrificação.

Uma forma de reduzir a emissão de N<sub>2</sub>O proveniente dos fertilizantes é através do uso de inibidores de nitrificação. Os inibidores de nitrificação mantêm por um determinado período o teor de N no solo na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, deste modo, a planta absorve o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e menos N será nitrificado e desnitrificado, reduzindo a emissão de N<sub>2</sub>O.

Os fertilizantes de liberação controlada também podem reduzir a emissão de N<sub>2</sub>O. A liberação gradual de nutriente, pelos fertilizantes de liberação controlada, em sincronia com a demanda da planta pode aumentar a eficiência de uso do N e assim reduzir a emissão de N<sub>2</sub>O.

O IPCC considera que esses produtos são opções de mitigação de GEE, podendo reduzir em 30% a emissão de N<sub>2</sub>O (IPCC, 2001). Contudo poucos estudos foram feitos para comparar a eficiência destes produtos, em especial na cultura de cana-de-açúcar.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência dos inibidores de nitrificação DCD e DMPP, bem como de um fertilizante de liberação controlada na redução de emissão de N<sub>2</sub>O proveniente da aplicação de ureia.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram testados três fertilizantes de eficiência aumentada, dois que contém inibidores de

nitrificação e um de liberação controlada. Os tratamentos foram: 1) Sem N; 2) Ureia; 3) UR + DCD; 4) UR + DMPP; 5) UR recoberta com polímeros. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro repetições.

O inibidor de nitrificação DCD (Sigma Aldrich) foi aplicado na dose de N-DCD de 5% do N. O DMPP, de grau analítico, em forma de pó, foi aplicado na dose de 1%. Os inibidores foram pesados individualmente e misturados à porção de ureia de cada parcela experimental.

A UR recoberta com polímeros foi produzida e fornecida pela empresa de fertilizantes Produquímica<sup>1</sup>.

O experimento foi implantado em Abril/2012 numa área já cultivada com cana-de-açúcar no Instituto Agrônomo – IAC. A cultura estava no primeiro ciclo de cana soca, com espaçamento de 1,5 m. O ciclo anterior foi cortado em dezembro de 2011, em abril de 2012, quando os fertilizantes foram aplicados no campo, as plantas estavam com 2 m de altura.

O solo da área foi analisado quanto às propriedades químicas (Rajj et al., 2001), e físicas (Camargo et al., 1986) que consta na tabela 1.

Os fluxos de gases foram medidos utilizando-se câmaras estáticas, conforme descrito por Carmo et al. (2012). As bases das 20 câmaras foram instaladas a 1 m de distância uma das outras ao longo de uma linha de cana de 25 m.

A dose de N aplicada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Neste estudo, a linha onde as câmaras foram instaladas ficou sem a palha e o fertilizante foi incorporado no solo manualmente com enxada a 5 cm de profundidade, evitando perdas de N por volatilização de NH<sub>3</sub>. Os fertilizantes foram pesados individualmente para cada câmara.

As coletas de gases foram feitas três vezes por semana durante os primeiros meses após a aplicação dos fertilizantes; Posteriormente as coletas foram feitas a cada 15 dias ou um mês. Durante a coleta, as câmaras foram fechadas com tampas de mesmo diâmetro da base e altura de 7 cm, durante 30 minutos. Com o auxílio de seringas de nylon (60 ml) os gases foram coletados em três tempos: 1, 15 e 30 minutos após o fechamento das câmaras. As amostras foram colocadas em frascos de vidro (20 ml) e analisadas em cromatógrafo gasoso Shimadzu, modelo 2014.

A quantidade de moles de gases foi corrigida pela pressão atmosférica e temperatura medida no momento da amostragem. O fluxo de cada gás foi

calculado por meio da variação da concentração nos quatro tempos de avaliação até 30 minutos.

Para a emissão acumulada dos gases, foi feita interpolação dos dados para os dias em que não foram medidos os fluxos. Os dados da emissão acumulada total foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos durante o período do experimento estão mostrados na figura 1.

Nos primeiros 10 dias após a aplicação dos fertilizantes, a emissão de N<sub>2</sub>O foi baixa. O tratamento com UR apresentou elevado pico de emissão de N<sub>2</sub>O no 17º dia, correspondente a 70 g de N ha<sup>-1</sup>. Após esse período houve mais dois picos. Os tratamentos com os inibidores de nitrificação tiveram baixa emissão de N<sub>2</sub>O, tendo valores semelhantes ao solo sem aplicação de N. O tratamento com ureia recoberta com polímeros apresentou pico no 17º dia, menor do que o da ureia, mas nos outros dois picos a emissão foi semelhante (Figura 2). No período de 80 a 160 dias após a aplicação dos fertilizantes a emissão de todos os tratamentos foi bem baixa devido à baixa precipitação pluviométrica neste período (Figura 1). Quando começou a chover novamente o tratamento com ureia recoberta com polímeros teve maior emissão que os demais tratamentos, provavelmente devido a liberação gradual do N (Figura 2).

Os dados com fluxos diários de N<sub>2</sub>O estão de acordo com o encontrado por Carmo et al. (2012), em que os autores mostraram que o pico ocorreu próximo a 30 dias após a adubação.

Após 220 dias, o tratamento sem N teve emissão acumulada de N-N<sub>2</sub>O de 1100 g de N ha<sup>-1</sup>. O tratamento com ureia apresentou emissão de N-N<sub>2</sub>O de aproximadamente 2000 g de N ha<sup>-1</sup>, correspondente a 0,7% do N total aplicado. A adição dos inibidores de nitrificação à UR resultou em grande redução na emissão de N<sub>2</sub>O, que não foi diferente do tratamento sem aplicação de N. O tratamento com o fertilizante de liberação controlada apresentou emissão de N<sub>2</sub>O não diferente em relação ao tratamento com UR (Tabela 2).

A estimativa do IPCC é que 1% de N aplicado como fertilizante pode ser emitido como N<sub>2</sub>O (IPCC, 2006). Os dados acumulados obtidos com esse estudo estão de acordo com essa estimativa, 0,7% do N aplicado. Carmo et al. (2012) em estudo com cana-de-açúcar no Brasil chegaram a emissão total de N<sub>2</sub>O de 0,7 a 1% do N aplicado.

<sup>1</sup>Produquímica Indústria e Comércio S.A.

**Tabela 2.** Emissão acumulada de N<sub>2</sub>O pela aplicação de ureia, incorporada no solo, com ou sem a adição de inibidores de nitrificação (DCD e DMPP) ou ureia recoberta por polímeros (PSCU) no 1º ciclo de cana soca. Período do experimento de 217 dias.

Tratamento	Emissão de N-N <sub>2</sub> O		
	(g ha <sup>-1</sup> )	% do N aplicado	Diferença em relação à ureia (%)
Sem N	1098 b	-	-
UR	1924 a	0,69	-
UR+DCD	1142 b	0,04	- 95
UR+DMPP	1112 b	0,01	- 98
PSCU	2213 a	0,93	+ 35

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ( $p \leq 0,05$ ); (-) redução, (+) aumento; coeficiente de variação: 17%. Nos valores de % do N aplicado foi descontada a emissão do tratamento sem N.

A redução da emissão de N<sub>2</sub>O pelo uso de fertilizantes de eficiência aumentada foi maior que alguns dados encontrados na literatura. O IPCC considera que a redução pode ser de 30% (IPCC, 2001). Os dados obtidos com o presente estudo mostraram redução bem maior. Os inibidores de nitrificação reduziram quase que totalmente a emissão de N<sub>2</sub>O. Snyder et al. (2009) mostraram que os inibidores de nitrificação podem reduzir a emissão de N<sub>2</sub>O de 40 a 96%. Essa variação pode ocorrer devido a variações das condições edafoclimáticas (Singh et al., 2008).

O fertilizante de liberação controlada utilizado neste estudo mostrou redução na emissão de N<sub>2</sub>O nos primeiros dias após a aplicação dos fertilizantes. Entretanto ao liberar gradualmente o nutriente, ocorreram emissões de N<sub>2</sub>O em outros períodos, resultando em emissão semelhante à do fertilizante convencional.

### CONCLUSÕES

A ureia teve emissão de N<sub>2</sub>O de 0,7% do N aplicado durante o ciclo de cana soca.

Os inibidores de nitrificação (DCD e DMPP) reduziram quase que totalmente as emissões de N<sub>2</sub>O da ureia (95 e 98% de redução).

O fertilizante de liberação controlada não mostrou redução na emissão de N<sub>2</sub>O pela aplicação de ureia.

### REFERÊNCIAS

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M. Métodos de análise química, física e mineralógica do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986, 94p. (Boletim Técnico, 106).

CARMO, J.B.; FILOSO, S.; ZOTELLI, L.C.; NETO, E.R.S.; PITOMBO, L.M.; DUARTE-NETO, P.J.; VARGAS, V.P.; ANDRADE, C.A.; GAVA, G.J.C.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; NETO, A.E.; MARTINELLI, L.A. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. *Global Change Biology Bioenergy* (2012). Doi:10.1111/j.1757-1707.2012.01199.x

CRUTZEN, P.J.; MOSIER, A.R.; SMITH, K.A.; WINIWARTER, W. N<sub>2</sub>O release from agro bio-fuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v.8, p.389-395, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Technological and Economic Potential of Greenhouse Gas Emissions Reduction. Working Group III: Mitigation, Third Assessment Report: Climate Change 2001. Acessado em 14/10/2011. Disponível em: [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/)

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006. Acessado em 15/07/2011. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Working Group I Report "The Physical Science Basis", Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Acessado em 11/07/2011. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.

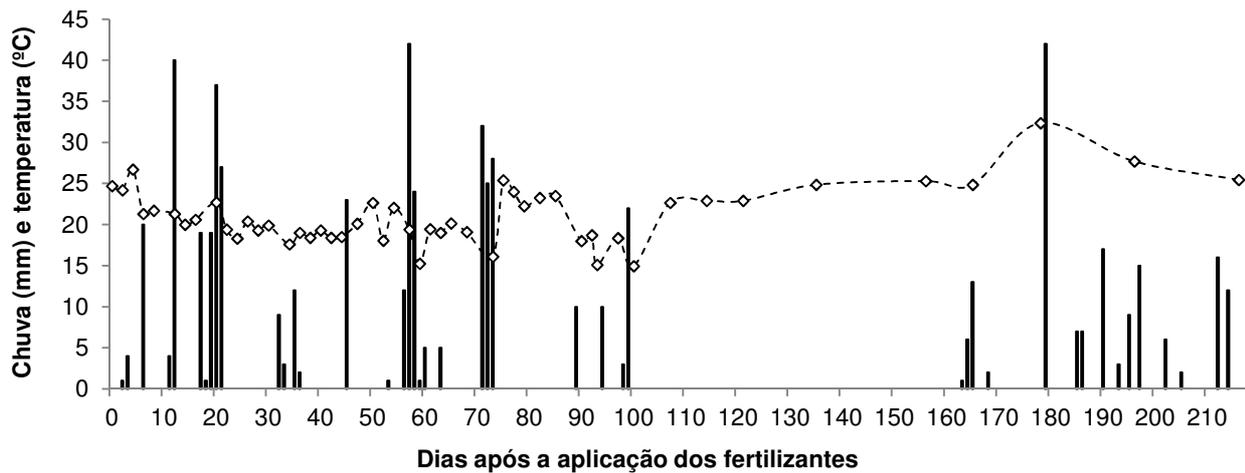
SINGH, J.; SAGGAR, S.; GILTRAP, D.L.; BOLAN, N.S. Decomposition of dicyandiamide (DCD) in three contrasting soils and its effects in nitrous oxide emission, soil respiratory activity, and microbial biomass-an incubatory study. *Australian Journal of Soil Research*, v. 46, p.517-525, 2008.

SNYDER, C.S.; BRUULSEMA, T.W.; JENSEN, T.L.; FIXEN, P.E. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* v.133, p.247-266, 2009

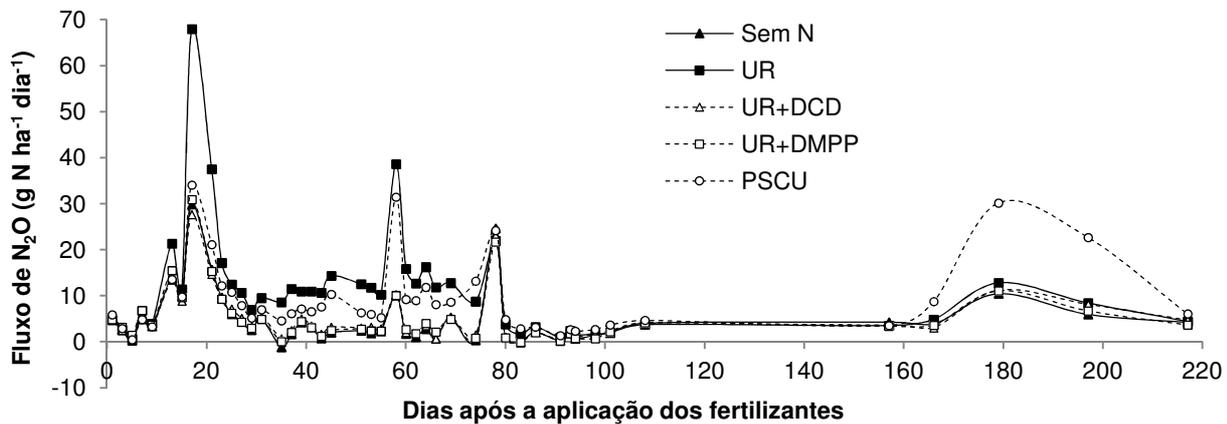
**Tabela 1** – Propriedades da camada de 0-20 cm do LATOSSOLO VERMELHO.

pH-CaCl <sub>2</sub>	CO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V%	Argila	Silte	Areia
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmolc. dm <sup>-3</sup>					%	g kg <sup>-1</sup>		
5,6	19	8	2,7	22	12	19	55,9	66	400	190	410

<sup>1</sup> pH CaCl<sub>2</sub>: CaCl<sub>2</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>; MO: Oxi-Red.; P, K, Ca, Mg: Resina de troca iônica; H + Al: Solução tampão pH 7,0; CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; Textura do solo: Densímetro.



**Figura 1** – Precipitação (barras) e temperatura média do ar (marcadores com linha). Período: Abril a novembro/2012.



**Figura 2** – Fluxo de N<sub>2</sub>O pela aplicação incorporada de ureia (UR) com ou sem inibidores de nitrificação (DCD e DMPP) e ureia recoberta por polímeros e enxofre (PSCU) no 1º ciclo de cana soca (Dez/11 – Out/12). Aplicação dos fertilizantes feita em abril/2012.