



Uso de Dicianodiamida (DCD) na mitigação de emissões diretas de óxido nitroso de dejetos bovinos em pastagem no subtropical brasileiro ⁽¹⁾

Priscila Luzia Simon ⁽²⁾; **Jeferson Dieckow** ⁽³⁾; **Josiléia Acordi Zanatta** ⁽⁴⁾; **Julia G.D.F. Ferreira** ⁽²⁾; **Bruno da Silva Pereira** ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

⁽²⁾ Estudante de pós-graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná (UFPR); Curitiba, Paraná pri.simon@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor (UFPR) jefersondieckow@ufpr.br; ⁽⁴⁾ Pesquisadora; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Florestas) josileia.zanatta@embrapa.br; ⁽⁵⁾ Estudante de graduação em Agronomia brunosp@ufpr.br.

RESUMO: O rebanho bovino brasileiro supera 200 milhões de cabeças e suas excretas contribuem com 41% da emissão nacional de óxido nitroso (N₂O). No entanto, pesquisas em busca de alternativas mitigadoras de emissão ainda são incipientes no Brasil. Os objetivos do trabalho foram: (i) avaliar a eficiência da dicianodiamida (DCD), um inibidor da nitrificação, em reduzir a emissão direta de N₂O para dejetos bovinos leiteiros (urina e esterco) em pastagem no subtropical e (ii) determinar se a melhor forma de aplicação deste inibidor é misturada ou pulverizada sobre os dejetos. Os tratamentos foram: solo sem dejetos e sem DCD (controle); urina (U), urina mais DCD misturada (U+DM) e urina com DCD pulverizada (U+DP); esterco (E), esterco mais DCD misturado (E+DM) e esterco com DCD pulverizado (E+DP). O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 4 repetições. Amostras de ar foram analisadas por cromatografia gasosa. Avaliações ocorreram de janeiro a outubro de 2014, representando as estações de verão, outono e inverno. O uso de DCD na forma misturada à urina reduziu a emissão de N₂O em 79 e 55% no outono e inverno, respectivamente. Na forma pulverizada, o DCD foi eficiente apenas no outono, com uma redução de 45% da emissão. Para o esterco o uso do DCD foi significativo apenas no inverno e quando aplicado na forma misturada, o que pode estar relacionado com a baixa emissão de N₂O verificada neste tipo de dejetos, com menor influência, portanto, do DCD sobre o mesmo.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o segundo maior rebanho de bovinos do mundo com 212 milhões de cabeças (IBGE, 2012). O sistema de criação extensivo com baixa produtividade por hectare leva a pecuária brasileira ser considerada como a maior fonte emissora de N₂O (41% das emissões) em nível nacional (BRASIL, 2014).

A deposição de urina e esterco em pastagens ocorre de forma localizada e são fontes potenciais de emissão de N₂O. As emissões ocorrem por

processos de nitrificação e desnitrificação do nitrogênio (N) depositado via urina ou esterco, que podem chegar a doses equivalentes a 500-2000 kg N ha⁻¹ e de 200-800 kg N ha⁻¹, respectivamente (Oenema et al., 1997). O N₂O é emitido em maior quantidade na urina do que no esterco (Di et al., 2007), devido a forma com que o N se encontra no esterco (N-protéico), sendo menos degradado por organismos decompositores, diferente do N encontrado na urina (N-ureia) facilmente hidrolizado e convertido à forma mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻) e neste processo, de acordo com condições climáticas (umidade e temperatura), há maior ou menor formação de produto intermediário (N₂O).

Uma das estratégias para preservar o N dos dejetos na forma de NH₄⁺, após sua aplicação no campo, melhorando o aproveitamento desse nutriente pelas culturas e reduzindo as perdas por NO₃⁻, consiste no uso de produtos inibidores da nitrificação. A dicianodiamida (DCD) tem sido um dos produtos mais usados para esse fim em outros países, com destaque para a Nova Zelândia (De Klein & Ledgard, 2005), e possui ação bacteriostática, inibindo o primeiro estágio da nitrificação, que consiste na oxidação de NH₄⁺ para nitrito (NO₂⁻), principalmente por Nitrosomonas (Moir et al., 2007). Com isso, ocorre também a redução na taxa de formação de NO₃⁻ (Frye, 2005).

Diversos fatores interferem na intensidade bem como na duração do efeito inibitório da nitrificação pelo DCD, com destaque para a temperatura, matéria orgânica, pH, tipo de solo e a dose do produto (Kelliher et al., 2008).

No Brasil, ainda poucos estudos foram feitos para determinar a eficiência de uso de inibidores da nitrificação como fatores mitigadores da emissão de gases do efeito estufa (Lessa et al., 2014; Barneze et al., 2014), e na diminuição de impactos ambientais relacionados ao excesso de NO₃⁻ no solo. Por isso a necessidade de ampliar o conhecimento e proporcionar soluções para os riscos ambientais relacionados ao uso intensivo dos recursos naturais renováveis.



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Paraná, em Pinhais-PR, de clima Cfb – Subtropical úmido mesotérmico (Koeppen, 2007).

Foram selecionadas 20 vacas holandesas com peso médio de 450 kg, e coletado das mesmas um volume de urina e massa de esterco. Após a obtenção dos dejetos, procedeu-se um cálculo para obtenção da massa média fresca de esterco e volume médio de urinada, sendo 1,7 litros e 2,3kg para urina e esterco respectivamente.

Os dejetos foram aplicadas em bases metálicas de 0,08 m² nos seguintes tratamentos: solo sem dejetos e sem DCD (controle); urina (U), urina mais DCD misturado (U+DM) e urina com DCD pulverizado (U+DP); esterco (E), esterco mais DCD misturado (E+DM) e esterco com DCD pulverizado (E+DP). O delineamento foi em blocos ao acaso com 4 repetições, em uma área experimental de 300 m².

As análises cromatográficas dos gases foram realizadas na Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA – Florestas) em Colombo - PR.

Os resultados de taxa de emissão, emissão acumulada, fator de emissão de N₂O e relações entre variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Médias entre tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Foram utilizados o software Assistat 12.0 Beta e o editor gráfico Sigmaplot 12.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do DCD reduziu significativamente a emissão de N₂O na forma misturada (U+DM) nas estações de outono e inverno (Tabela 1). Quando aplicado na forma pulverizada (U+DP), o uso do DCD foi eficiente na redução da emissão apenas no outono. O FE médio reduziu de 0,30% no tratamento U para 0,10% no tratamento U+DM e 0,20% no tratamento U+DP (Tabela 1). A eficiência do DCD na redução do FE é similar à observada em países de clima temperado que fazem uso deste inibidor, chegando a reduzir de 60 a 70% a emissão de N₂O (Di & Cameron, 2006). A alta eficiência observada com o uso do DCD no presente estudo está provavelmente relacionada a fatores externos que influenciam na meia vida do DCD, principalmente temperatura e precipitação.

No verão houve uma tendência de mitigação da emissão deste gás, com uma redução de 49% com

uso do DCD misturado à urina e 25% quando pulverizado à urina, porém esta redução não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos. A menor eficiência do uso de DCD no verão pode estar relacionada com a elevada temperatura e precipitação ocorrida neste período, reduzindo o tempo de vida do DCD no solo, passando a ocorrer perda do N amoniacal (Stuker, 2010). O processo de degradação do DCD no solo é dependente da temperatura do solo, com máxima inibição da nitrificação ocorrendo em temperatura ≤ 10°C (Amberguer, 1986). De acordo com Schwarzer & Haselwandter (1991), a degradação do DCD ocorre ao longo de uma temperatura entre 10 - 33°C com uma rápida degradação a 25°C. Apesar da tendência de redução da emissão de N₂O com uso de DCD na urina na estação de verão existir, ela pode não ter sido significativa também devido à elevada variação dos dados, uma vez que, quando se trabalha com emissão de N₂O encontra-se comumente altos coeficientes de variação, diminuindo a probabilidade de significância entre os tratamentos, similar ao observado em outros trabalhos (Luo et al., 2009).

As formas de aplicação misturada (U+DM) e pulverizada (U+DP) apresentaram diferenças entre si com relação à eficiência de redução da emissão de N₂O somente na estação de inverno, onde o tratamento U+DM foi mais eficiente, e apesar de não apresentar diferença estatística entre as demais estações quanto a forma de aplicação, o mesmo tratamento apresentou uma tendência em ter maior potencial de mitigação da emissão (Tabela 1), podendo estar relacionado com o maior contato entre o dejetos e o DCD quando comparado com a pulverização do produto sobre a urina.

O uso de DCD no esterco mostrou eficiência apenas no inverno (Tabela 2), com aplicação na forma misturada, uma vez que a pulverização do mesmo gerou maior taxa de emissão, sugerindo que o produto não tem eficácia definida na redução da emissão de N₂O no esterco. Este comportamento pode estar relacionado com o fato da emissão de N₂O no esterco já ser relativamente baixa comparada à urina, tornando menor a chance de atuação do produto sobre este tipo de dejetos.

CONCLUSÕES

O uso da dicianodiamida foi eficiente na redução do fator de emissão de N₂O nas estações de outono e inverno com 79% e 55%, respectivamente quando aplicado na forma misturada à urina. Quando



aplicado na forma pulverizada sob a urina, o DCD foi eficiente na estação de outono com uma redução de 45% da emissão de N_2O , o que comprova sua eficiência no subtropical.

Para o esterco o uso de DCD foi significativo apenas no inverno e na forma misturada ao dejetos o que pode estar relacionado com a baixa emissão de N_2O verificada a partir de esterco, com menor influência, portanto, do produto sobre o mesmo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo recurso para realização do trabalho.

A Embrapa-Florestas pelas análises cromatográficas dos gases.

Aos bolsistas da UFPR pelo apoio fundamental na realização do experimento.

REFERÊNCIAS

AMBERGER, A. Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, New York, 149: 469-484, 1986.

BARNEZE, A.S.; MAZZETTO, A.M.; ZANI, C.F.; MISSELBROOK, T.; CERRI, C.C. Nitrous oxide emissions from soil due to urine deposition by grazing cattle in Brazil. *Atmospheric Environment*, Amsterdam, 92: 394-397, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2ª ed. Contém informações sobre o segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. 2013. Relatórios de Referência: Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos.

DE KLEIN, C.A.M. & Ledgard, S.F. Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture-key sources and mitigation strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72: 77-85, 2005.

DI, H.J & CAMERON, K.C. Nitrous oxide emissions from two dairy pasture soil as affected by different rates of a fine particle suspension nitrification inhibitor, dicyandiamide. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, 42: 472-480, 2006.

DI, H.J.; CAMERON, K.C.; SHERLOCK, R.R. Comparison of the effectiveness of a nitrification inhibitor, dicyandiamide, in reducing nitrous oxide emissions in four different soils under different climatic and management conditions. *Soil Use and Management*, New York, 23: 1-9, 2007.

FRYE, W. Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection. In "Proceedings of the IFA

International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers". Frankfurt, Germany, 28-30 June 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 2010.

KELLIHER, F.M.; CLOUGH, T.J.; CLARK, H.; RYS, G.; SEDCOLE, J.R. The temperature dependence of dicyandiamide (DCD) degradation in soils: A data synthesis. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 1878-1882, 2008.

LESSA, A. C. R.; MADARI, B. E.; PAREDES, D. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R. (in press). Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, Amsterdam. Aceito 6 jan. 2014.

LUO, J.; VAN DER WEERDEN, T.; HOOGENDOORN, C.; DE KLEIN, C. Determination of the N_2O emission factor for animal dung applied in late autumn in three regions of New Zealand. Prepared for MAF, p. 26, 2009.

MOIR, J.L.; CAMERON, K.C.; DI, H.J. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide on soil mineral N, pasture yield, nutrient uptake and pasture quality in a grazed pasture system. *Soil Use and Management*, 23: 111-120, 2007.

OENEMA, O.; VELTHOF, G.L.; YARNULK S. I.; JARVIS, S.C. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management*, 13: 288-295, 1997.

STÜKER, F. Dicianodiamida (DCD) como inibidor da nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos no solo/ Dissertação (mestrado) – 77f.; il.; 30 cm. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2010.



Tabela 1 – Emissão acumulada de N₂O e Fator de emissão (EF%) para urina em diferentes formas de aplicação (misturada U+DM) e (pulverizada U+DP) aplicado nas estações de verão, outono e inverno durante 70 dias em cada estação.

	Controle	U	U+DM	U+DP	Média
Emissão acumulada de N ₂ O em 70 dias (mg N-N ₂ O m ⁻²)					
Verão	12,2 Ab	460,6 Aa	235,5 ABab	343,2 Aab	262,9 A
Outono	0,8 Ac	622,4 Aa	129 Bbc	341,0 Ab	273,3 A
Inverno	24,2 Ac	734,9 Aa	327,5 Ab	569,7 Aa	414,1 A
Média	12,4 c	606,0 a	230,7 b	418,0 a	316,8
EF% N-N ₂ O					
Verão		0,18 Ba	0,09 Aa	0,13 Aa	0,13 A
Outono		0,35 Aa	0,07 Ab	0,19 Ab	0,20 A
Inverno		0,36 Aa	0,15 Ab	0,28 Aa	0,26 A
Média		0,30 a	0,10 b	0,20 ab	0,20±0,07

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre os tratamentos e médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem significativamente entre as estações. Teste Tukey (p < 0,05). * Média da urina com os respectivo desvio padrão.

Tabela 2 – Emissão acumulada de N₂O e Fator de emissão (EF%) para esterco em diferentes formas de aplicação (misturada E+DM) e (pulverizada E+DP) aplicado nas estações de verão, outono e inverno durante 70 dias em cada estação.

	Controle	E	E+DM	E+DP	Média
Emissão acumulada de N ₂ O em 70 dias (mg N-N ₂ O m ⁻²)					
Verão	12,2 Ab	45,9 Ba	39,2 Aa	53,7 Aa	37,7 B
Outono	0,8 Ab	58,9 Ba	68,1 Aa	55,5 Aa	45,8 A
Inverno	24,2 Ac	166,0 Aa	61,6 Ab	105,1 Aa	89,2 A
Média	12,4 b	90,3 a	56,3 a	71,4 a	57,6
EF% N-N ₂ O					
Verão		0,07 Ba	0,05 Aa	0,08 Aa	0,07 B
Outono		0,10 ABA	0,12 Aa	0,10 Aa	0,11 AB
Inverno		0,16 Ab	0,11 Ac	0,20 Aa	0,17 A
Média		0,11 a	0,09 a	0,13 a	0,12±0,05

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre os tratamentos e médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem significativamente entre as estações. Teste Tukey (p < 0,05). * Média do esterco com o respectivo desvio padrão.