

II-063 - PARÂMETROS OPERACIONAIS ASSOCIADOS ÀS EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO POR UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

Renato Pereira Ribeiro⁽¹⁾

Licenciado em Química pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre em Geociências (Geoquímica Ambiental) pela UFF. Doutorando em Geociências (Geoquímica Ambiental) na UFF.

William Zamboni de Mello⁽¹⁾

Químico Industrial pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Doutor em Earth Sciences (Geochemical Systems) pela University of New Hampshire - Durham (NH), EUA. Professor Associado do Departamento de Geoquímica do Instituto de Química da UFF.

Paulo Afonso de Almeida⁽²⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Chefe do departamento de tratamento de esgotos Alegria da Companhia Estadual de Águas e Esgotos, CEDAE.

Débora Cynamon Kligerman⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Pesquisadora Titular do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Jaime Lopes da Mota Oliveira⁽³⁾

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisador do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Geoquímica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Outeiro São João Batista, s/n, 24020-141, Niterói - RJ, Brasil - e-mail: renato.quimica@yahoo.com.br

RESUMO

As emissões de óxido nitroso (N_2O) foram determinadas nos dias 18 de maio de 2010, e 17 de fevereiro e 30 de junho de 2011, em uma estação de tratamento de esgotos (ETE) de lodos ativados convencional. Os resultados mostraram que a variação temporal observada nas cargas orgânicas e de NT nas três ocasiões estudadas apresenta influência direta nas emissões de N_2O . As concentrações de oxigênio dissolvido (OD), razões NO_3^-/NH_4^+ e pH, identificaram a evolução do processo de nitrificação, principal via de produção de N_2O no tanque de aeração da ETE estudada. A concentração de N_2O no meio líquido foi controlada diretamente pela quantidade de difusores de ar em cada zona, cuja magnitude das emissões de N_2O foi atribuída à purga em razão da quantidade de ar insuflado.

PALAVRAS-CHAVE: Óxido nitroso, estação de tratamento de esgotos, lodos ativados.

INTRODUÇÃO

Na troposfera, o óxido nitroso (N_2O) é o terceiro gás permanente, em concentração, responsável pelo efeito estufa com valores por molécula do gás na ordem de 300 e 15 vezes superiores ao do dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), respectivamente (IPCC, 2007). Além disso, o N_2O é a principal fonte de óxido nítrico (NO) na estratosfera, contribuindo de forma indireta para o consumo do ozônio (O_3) estratosférico (Ravishankara et al., 2009).

Em estações de tratamento de esgotos (ETEs), as emissões de N_2O ocorrem através da nitrificação em compartimentos aeróbios, como um subproduto da oxidação do íon amônio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-), e também através da desnitrificação em regiões anóxicas, como um intermediário da redução do íon nitrato (NO_3^-) a nitrogênio molecular (N_2) (Wrage et al., 2001).

Um aumento de 13% nas emissões globais de N_2O oriundas do tratamento de esgotos é esperado para o período compreendido de 2005 a 2020 (Law et al., 2010). Entretanto, uma grande variabilidade nos fatores de emissão (FEs) (0-25%) (Law et al., 2010), balizados na carga de nitrogênio total (NT) afluente, está disponível

na literatura oriundo de estudos realizados diretamente em ETEs. Tal variabilidade é frequentemente atribuída às particularidades relacionadas aos controles operacionais adotados nas diversas ETEs estudadas, destacando-se dentre eles, a carga orgânica e de NT a ser tratada, idade do lodo, concentração de oxigênio dissolvido (OD) e, principalmente, a taxa de aeração do esgoto.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a relação da emissão de N_2O com a variação temporal das cargas orgânica (DBO e DQO) e nitrogenada (NT) afluentes, bem como as concentrações de OD, amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), e das vazões de ar (Q_{ar}) no tanque de aeração de uma ETE por lodos ativados convencional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma ETE por lodos ativados convencional que atende 470 mil habitantes. O tempo de detenção hidráulica no tanque de aeração e a idade do lodo utilizados neste processo são 9 horas e 10 a 12 dias, respectivamente. Os tanques de aeração estão divididos em seis zonas interligadas (ZN1 a ZN6). Cada zona operava com vazões de ar distintas controladas em função do número e do tipo de difusores presentes em cada uma delas conforme elucidado por Ribeiro et al. (2013).

Foram realizadas três campanhas de amostragem (18 de maio de 2010, 17 de fevereiro e 30 de junho de 2011). As coletas foram realizadas em apenas um dos tanques de aeração entre 08:00 e 11:00 h da manhã. Foram coletadas amostras gasosas para a determinação do fluxo de N_2O no tanque. Foi realizada uma amostragem de cada zona do tanque para a determinação de NH_4^+ , NO_3^- e de N_2O dissolvido. Amostras de afluente e efluente do tanque foram retiradas para a determinação de NT. Os valores de carga orgânica (DQO e DBO) afluente e efluente foram fornecidos pela empresa responsável pela administração da ETE. Durante as amostragens foram realizadas medições da concentração de OD de cada zona por uma sonda multiparamétrica (Hanna Instruments, modelo HI-9828). Os procedimentos de coleta, transporte e análise das amostras foram os mesmos realizados por Ribeiro et al. (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação temporal da carga orgânica carbonácea (DBO e DQO) e nitrogenada (NT), especialmente na forma de NH_4^+ , nas três ocasiões estudadas influenciou diretamente as emissões de N_2O (**Tabela 1**). Apesar da carga orgânica afluente medida no dia 18 de maio de 2010 ter sido a maior que as demais amostragens, esta campanha apresentou a menor emissão de N_2O . Em estudo realizado por Ribeiro et al. (2013) nesta mesma ETE foi observado que no período de janeiro a junho de 2010, o mês de maio foi o que apresentou a maior taxa de emissão de N_2O . No entanto, a diferença entre a vazão de ar admitida no tanque de aeração em 2010 e 2011 (**Tabela 1**) justifica este resultado. Estes valores de emissão de N_2O provavelmente estão relacionados às maiores concentrações de NH_4^+ afluentes (Ribeiro et al., 2013).

Tabela 1: Cargas orgânica (DBO e DQO) e nitrogenada (NT) do afluente (esgoto bruto) a ETE, carga de NH_4^+ afluente (esgoto primário) ao tanque de aeração da ETE e o fluxo médio de N_2O emitido pelo tanque de aeração nas campanhas de 18 de maio de 2010, e 17 de fevereiro e 30 de junho de 2011.

Data	DBO (kg DBO dia ⁻¹)	DQO (kg DQO dia ⁻¹)	NT (kg N dia ⁻¹)	NH_4^+ (kg N dia ⁻¹)	Vazão de ar (m ³ h ⁻¹)	N_2O emitido (kg N dia ⁻¹)
18/05/2010	$6,2 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$7,5 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	5.000	2,4
17/02/2011	$3,2 \times 10^4$	$7,4 \times 10^4$	$4,4 \times 10^3$	$5,5 \times 10^2$	9.500	2,9
30/06/2011	$4,2 \times 10^4$	$8,7 \times 10^4$	$5,4 \times 10^3$	$7,7 \times 10^2$	9.500	4,1

As amostragens de 18 de maio de 2010 e 30 de junho de 2011 tiveram um perfil semelhante, onde o pico de emissão de N_2O ocorreu na ZN5 do tanque de aeração, enquanto que na campanha de 17 de fevereiro de 2011 a maior emissão foi observada na ZN2 (**Figura 1**). A menor disponibilidade de oxigênio ($OD < 2$ mg/L) em razão da elevada carga orgânica afluente ao tanque de aeração provavelmente deve ter provocado uma inibição no processo de nitrificação e, conseqüentemente, uma emissão desprezível de N_2O nas três primeiras zonas (ZN1 a ZN3). Após a redução desta carga orgânica, o NH_4^+ foi rapidamente consumido em condições aeróbicas ($OD \geq 2$ mg/L), o que favoreceu o processo de nitrificação completa com a maior emissão de N_2O na ZN5, como observado nas campanhas de 18 de maio de 2010 e 30 de junho de 2011. Por outro lado, a alta taxa de

aeração e a menor carga orgânica afluyente observada no dia 17 de fevereiro de 2011, provocou uma redução rápida do NH_4^+ afluyente ainda na ZN2 do tanque de aeração e, conseqüentemente, maior emissão de N_2O nessa zona. Logo, este gás pode permanecer dissolvido na mistura como ocorreu na campanha de 2010, o que é necessário para que ocorra a desnitrificação, uma vez que o N_2O é um intermediário desse processo ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$), ou ser liberado para a atmosfera como observado nas amostragens realizadas em 2011. A diferença nas taxas de aeração que foram admitidas no tanque de aeração nestes dois períodos é a explicação para a maior taxa de emissão de N_2O , que é favorecida pelo fenômeno de purga (*air stripping*) (Law et al., 2012).

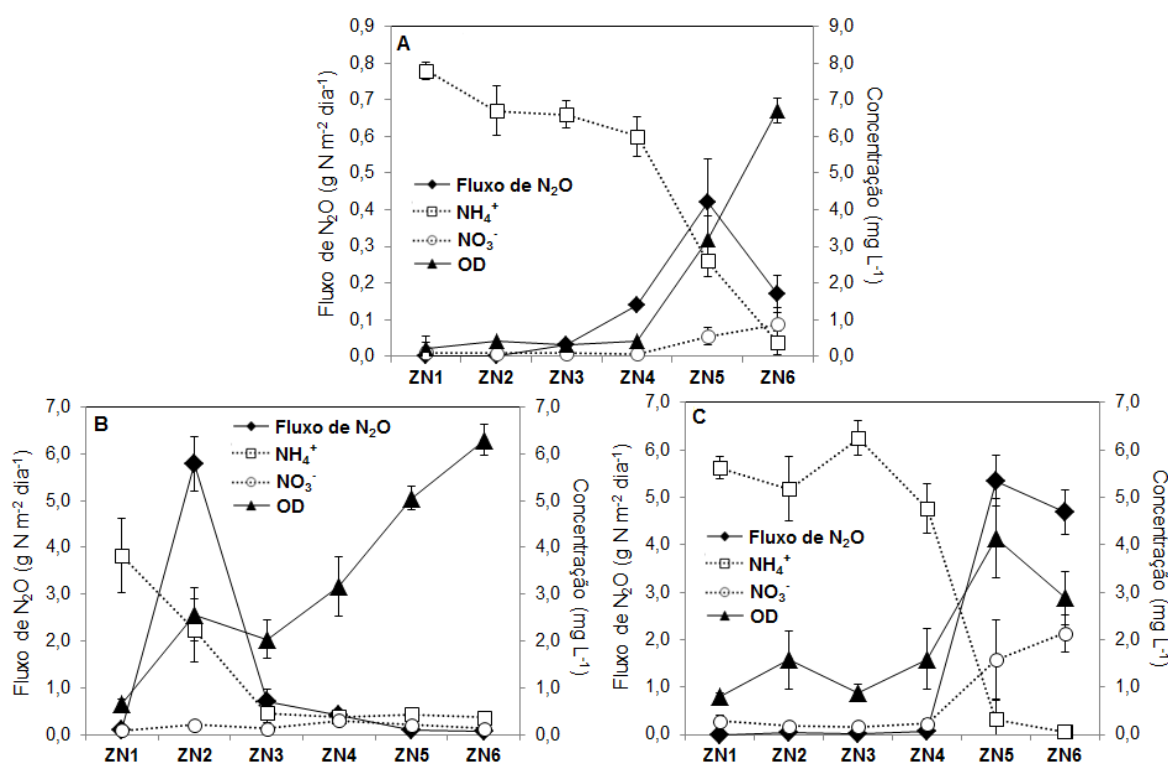


Figura 1: Relação entre os fluxos médios de N_2O e o comportamento das concentrações médias de NH_4^+ , NO_3^- e OD ao longo das 6 zonas de aeração na amostragem de (a) 18 de maio de 2010, (b) 17 de junho de 2011 e (c) 30 de junho de 2011. As barras representam os desvios padrões das 4 coletas realizadas em cada zona.

Os fatores de emissão (FEs) de N_2O em 2011 foram em média sete vezes maiores do que à observada em maio de 2010 (Tabela 2). Além disso, esses FE foram superiores ao valor proposto pelas diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006).

Tabela 2. Valores de vazão de ar insuflado por tanque de aeração e fatores de emissão (FE) de N_2O balizados na população atendida, vazão de esgoto bruto e carga de nitrogênio total afluyente nas amostragens realizadas em maio de 2010, e fevereiro e junho de 2011.

Data	FE ($\text{g N}_2\text{O pessoa}^{-1} \text{ano}^{-1}$)	FE ($\text{g N}_2\text{O L}^{-1} \text{esgoto}$)	FE % $\text{N-N}_2\text{O}$ emitido/ NT afluyente	FE ^(*) ($\text{g N}_2\text{O pessoa}^{-1} \text{ano}^{-1}$)
18/05/10	3,0	$3,0 \times 10^{-5}$	0,04	3,2
17/02/11	13,8	$1,2 \times 10^{-4}$	0,26	
30/06/11	19,6	$1,9 \times 10^{-4}$	0,30	

Nota: (*) FE máximo de N_2O proposto pelo IPCC para ETEs com processos de nitrificação e desnitrificação controlados.

CONCLUSÕES

A variação temporal das cargas orgânica (DBO e DQO) e nitrogenada (NT e NH_4^+) nas influenciou diretamente as emissões de N_2O . O aumento da vazão de ar admitida no processo observado em 2011 favoreceu a alta emissão de N_2O neste período comprometendo o valor balizado pelo IPCC (2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 ed., American Public Health Association: Washington, 2012.
2. IPCC. SOLOMON, S. D.; QIN, M. M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Eds.). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.
3. LAW, Y.; YE, L.; PAN, Y.; YUAN, Z. Nitrous oxide emissions from wastewater treatment processes. Philosophical Transactions of the Royal Society B, v. 367, p. 1265-1277, 2012.
4. RAVISHANKARA, A. R.; DANIEL, J. S.; PORTMAN, R. W. Nitrous oxide (N_2O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st Century. Science, v. 326, p. 123-125, 2009.
5. RIBEIRO, R. P.; DE MELLO, W. Z.; KLIGERMAN, D. C.; OLIVEIRA, J. L. M.; ALVIM, R. B.; ANDRADE, S. A.; BROTO, A. C.; DE ALMEIDA, P. A. Emissões de óxido nitroso do tanque de aeração de uma estação de tratamento de esgotos com sistema de lodos ativados convencional. Química Nova, v. 36, p. 998-1003, 2013.
6. WRAGE, N.; VELTHOF, G. L.; VAN BEUSICHEM, M. L.; OENEMA, O. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. Soil Biology & Biochemistry, v. 33, p. 1723-1732, 2001.