

## ESTUDO CINÉTICO DE CONSUMO DE NITROGÊNIO PELO PROCESSO ANAMMOX

ANGÉLICA CHINI<sup>1\*</sup>, AIRTON KUNZ<sup>2</sup>, ALINE VIANCELLI<sup>3</sup>, LUCAS A. SCUSSIATO<sup>1</sup>, GUSTAVO P. DOS SANTOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, [angechini@gmail.com](mailto:angechini@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves; Professor do PGEAGRI/CCET - UNIOESTE

<sup>3</sup> Doutora em Biotecnologia e Biociências;

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, UnC

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

**RESUMO:** A oxidação anaeróbia de amônia (anammox) é um processo biotecnológico. Microrganismos com atividade anammox apresentam alta capacidade de remoção de nitrogênio e baixa produção de lodo, que se reflete em maiores tempos, pois a duplicação celular é alta (> 7 dias) quando comparada a de outros processos prejudicando a partida do processo. Diferentes condições de operação são testadas no intuito de reduzir o tempo de partida do processo e melhorar a eficiência na remoção de nitrogênio. Estudos cinéticos são uma boa ferramenta para avaliar a eficiência de reatores biológicos. O estudo avaliou o comportamento de dois reatores com atividade anammox operando a TRHs de 3,19h e 0,56h mediante cinéticas de consumo de  $N-NO_2^-$  e  $N-NH_3$ . O estudo cinético foi conduzido durante 2,5 horas em batelada avaliando-se o decaimento de nitrito e nitrogênio amoniacal. O reator com menor TRH (0,56h) obteve velocidade de consumo de  $18,4 \text{ mgN-NH}_3 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e  $28,9 \text{ mgN-NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e eficiência de 64% na remoção de nitrogênio. O reator de TRH (3,19h), obteve a velocidade de consumo de  $1,4 \text{ mgN-NH}_3 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e  $2,6 \text{ mgN-NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$  e eficiência de apenas 11% na remoção de nitrogênio. A partir dos resultados obtidos, observa-se que a redução do TRH em 80% aumentou a atividade do processo em cerca de 90%.

**PALAVRAS-CHAVE:** anammox, remoção de nitrogênio, tempo de retenção hidráulica

### KINETIC STUDY OF NITROGEN CONSUMPTION USING ANAMMOX PROCESS

**ABSTRACT:** Anaerobic ammonium oxidation (anammox) is a chemolithoautotrophic process for nitrogen removal and has an applicability for high nitrogen content wastewaters (e.g. animal wastewater). The anammox microorganisms are known to produce low amount of sludge due to the low cell doubling time generating a long start up. Therefore, different bioreactor operating conditions have been tested in order to reduce start up the process and improve the efficiency of nitrogen removal. Kinetic studies could be a good and quick tool to help the understanding of bioreactors efficiency. Thus, the present study evaluated the influence of different hydraulic retention times (3.19 h and 0.56 h) in the removal of nitrogen using a kinetic study of substrate consumption. The results shown that the test carried out at

lower HRT (0.56 h) achieved 64% effectiveness to remove nitrogen at consumption rate of 18.4 mgN-NH<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> and 28.9 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. The highest HRT (3.19 h) showed only 11% efficiency in nitrogen removal, obtaining consumption rate of 1.4 mgN-NH<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> and 2,6 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. Based on this study it is possible to conclude that the HRT reduction of 80% increased the process activity in 90%.

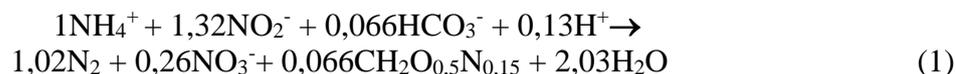
**KEYWORDS:** anammox, nitrogen removal, hydraulic retention time.

## INTRODUÇÃO

A remoção de nitrogênio amoniacal em águas residuárias é de grande importância, visto que sua presença em concentrações acima do naturalmente utilizado pelo ambiente pode provocar a aceleração do processo natural de eutrofização dos corpos d'água e elevar o grau de toxicidade (OBAJA, 2003).

Assim, na remoção das elevadas cargas de nutrientes presentes em efluentes agrícolas e industriais, são amplamente empregados processos biológicos devido ao baixo custo e alta eficiência na remoção de compostos nitrogenados. Porém, as técnicas utilizadas resultam em um efluente com baixa relação carbono/nitrogênio, dificultando, por consequência, a remoção do nitrogênio através das práticas convencionais como nitrificação e desnitrificação (KHIN, 2004).

Dessa forma, novas tecnologias vêm sendo estudadas para a remoção do nitrogênio de águas residuárias, como é o caso do processo de oxidação anaeróbia da amônia – anammox, onde a remoção do nitrogênio é feita através da oxidação do íon amônio diretamente a nitrogênio gasoso, tendo nitrito comoceptor final de elétrons. A equação 1 ilustra a estequiometria da reação (STROUS, 1998).



Os microrganismos responsáveis por esta reação são quimiolitotróficos. Eles operam a temperaturas que variam de 20 a 43°C, e possuem tempo de duplicação de 9 a 11 dias (JETTEN, 2001), o que é considerado lento se comparado com outras bactérias. Dessa forma, o tempo de duplicação resulta em um longo tempo de partida dos reatores, sendo necessário de 03 (três) meses a mais de 01 (um) ano de operação para obter uma cultura enriquecida e estabilizada (JETTEN, 1999; TOH, 2002).

A eficiência do processo anammox está diretamente relacionada aos parâmetros operacionais a que o biorreator está sendo submetido. Diversos experimentos têm sido realizados no intuito de reduzir o tempo de partida do processo e melhorar a eficiência na remoção de nitrogênio (DATE, 2009; CASAGRANDE, 2013).

Os estudos cinéticos mostram-se como uma boa ferramenta para a avaliação da eficiência de reatores biológicos, permitindo maior previsibilidade e concepção do processo e com isso, incentivando e facilitando sua aplicação em escala real.

Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a cinética de consumo de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>3</sub> em dois reatores com atividade anammox quando submetidos a dois tempos diferentes de retenção.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas análises cinéticas para avaliar as atividades das biomassas provenientes de dois diferentes reatores, os quais são aqui denominados de A e B. Ambos os reatores são de fluxo ascendente, operando em modo contínuo, sendo mantidos à temperatura constante de  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ .

Com a finalidade de avaliar a influência do TRH na atividade da biomassa, fixou-se o TRH do reator A em 3,19 h e o do reator B em 0,56 h, através do ajuste das vazões de alimentação. Os reatores foram alimentados com meio de cultura sintético com concentração de nitrogênio de  $200 \text{ mgN.L}^{-1}$ , sendo 50% na forma de nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) e 50% de amônia ( $\text{N-NH}_3$ ), tendo também, em sua composição macro e micronutrientes (SCHIERHOLD NETO, 2006).

Após 60 dias de operação, ambos os reatores apresentaram atividade anammox estável, o que possibilitou a realização dos ensaios cinéticos aqui descritos.

Para tal fim, uma subcultura foi inoculada a partir da coleta de 0,2 L de biomassa úmida de cada um dos reatores, a qual foi acondicionada em reatores com volume útil de 1 L. O ensaio cinético foi realizado em batelada, utilizando-se como fonte de substrato o mesmo meio sintético usado para alimentação dos reatores A e B.

Em seguida, formou-se uma linha de reciclo, com vazão de  $3 \text{ mL.min}^{-1}$ , a fim de manter o mesmo em condições próximas à de operação e auxiliar a transferência de massa do reator. Coletou-se 8 mL de amostra, em intervalos de tempo de 0,5 horas.

Para avaliar-se a atividade anammox, realizou-se análises de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  e sólidos suspensos, seguindo o método proposto por APHA (2012).

Os dados experimentais de concentração ao longo do tempo foram ajustados através de um modelo de regressão linear e as velocidades de consumo de substrato e formação de produto ( $r\text{N-NH}_3$ ,  $r\text{N-NO}_2^-$  e  $r\text{N-NO}_3^-$ ) foram determinadas a partir dos coeficientes angulares das equações das retas geradas nos ajustes. As velocidades específicas de consumo de substrato e formação de produto ( $\mu\text{N-NH}_3$ ,  $\mu\text{N-NO}_2^-$  e  $\mu\text{N-NO}_3^-$ ) foram obtidas considerando-se que o crescimento celular durante a cinética é constante, devido ao lento tempo de duplicação desta (PUYOL, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados do ensaio cinético do consumo de amônia e nitrito e produção de nitrato dos reatores anammox A e B, respectivamente.

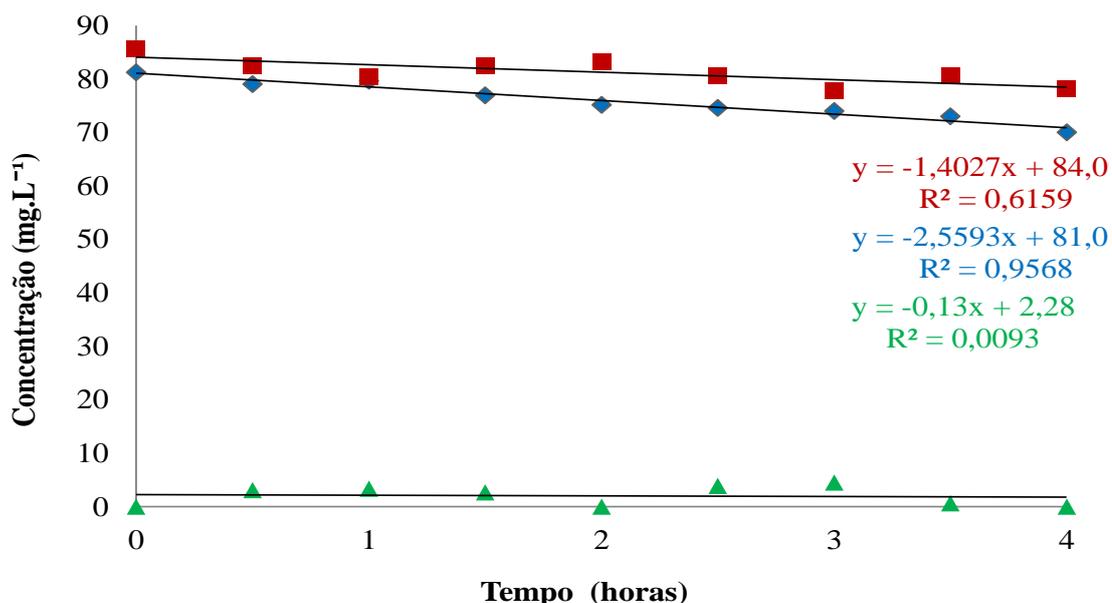


FIGURA 1. Acompanhamento da produção de nitrato, nitrito e amônia durante o ensaio cinético no reator A (TRH 3,19 h).

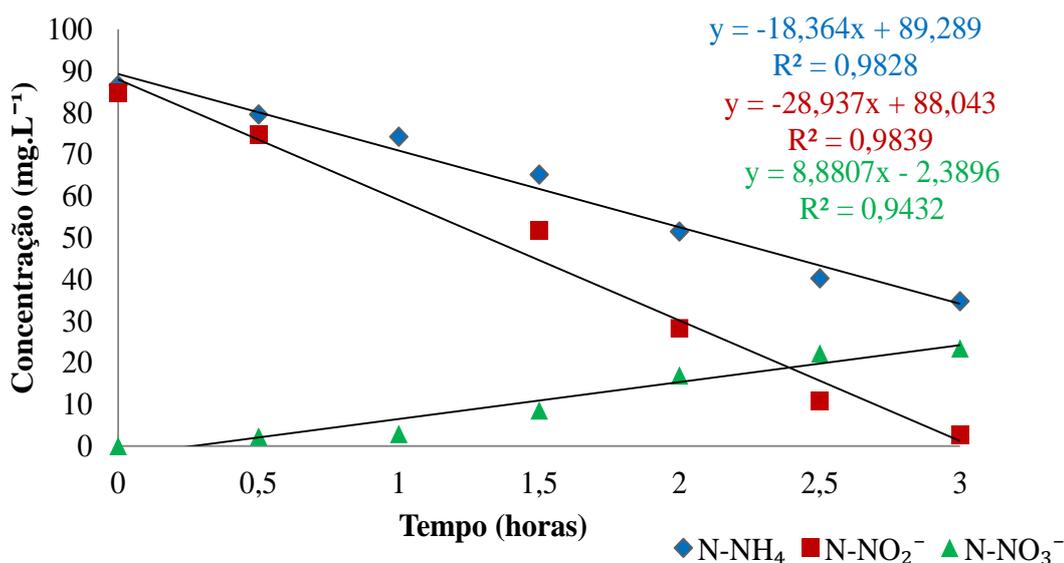


FIGURA 2. Acompanhamento da produção de nitrato, nitrito e amônia durante o ensaio cinético no reator B (TRH 0,56 h).

Observou-se nos ensaios cinéticos que, quando aplicada uma concentração de 167 mgN.L<sup>-1</sup>, o reator A apresentou remoção de nitrogênio de 18,65 mgN.L<sup>-1</sup>, o que equivale a uma eficiência média de remoção de 11%. Já o reator B, com aproximadamente mesma carga de nitrogênio aplicada, apresentou uma remoção de 110,58 mgN.L<sup>-1</sup>, o que equivale a uma eficiência média de remoção de 64%.

Assim sendo, é possível observar que, para o menor TRH (0,56 h), a remoção de nitrogênio se apresentou 75,7% maior do que a porcentagem removida quando utilizado o TRH de 3,19 h. Este resultado mostrou-se de acordo com o apresentado por Casagrande *et al.* (2013), os quais submeteram um reator anammox a uma concentração de 100 mgN.L<sup>-1</sup> e um THR de 0,2 a 0,5 h, obtendo remoção de 18,3 gN.L<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> e 8,3 gN.L<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, respectivamente, o que mostra uma diminuição na remoção de nitrogênio total conforme se aumenta o TRH,

demonstrando com isso a importância de manter o processo controlado para obter-se maiores eficiências de remoção das formas nitrogenadas.

A concentração celular obtida para o reator A foi de 2,9 gSSV.L<sup>-1</sup> e para o reator B foi de 3,49 gSSV.L<sup>-1</sup>. A partir destes resultados pode-se calcular os valores de velocidades específicas para melhor entendimento do processo anammox.

A tabela 1 abaixo ilustra as velocidades de consumo de substrato e formação de produto obtidas neste experimento, as quais corroboram os dados apresentados anteriormente, que se mostram muito superiores àqueles indicados no reator B. Dessa forma, resta confirmado o que já foi observado, que em TRHs menores maior será o consumo do substrato, o que aumenta a eficiência do processo e, conseqüentemente, causa o enriquecimento das bactérias anammox e tornam o procedimento mais efetivo.

TABELA 1. Velocidades de consumo e produção das formas nitrogenadas

Medições (mg.L <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	Reator A	Reator B
r N-NH <sub>3</sub>	-2,6	-18,4
r N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-1,4	-28,9
r N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	*	8,9

\*A produção de nitrato considerou-se desprezível.

## CONCLUSÕES

O processo anammox apresentou melhor eficiência quando operado em menores tempos de retenção hidráulica, uma vez que a biomassa proveniente do reator B apresentou melhor atividade anammox, atingindo superior capacidade de remoção de nitrogênio durante o ensaio cinético e obtendo maior velocidade específica de consumo de substrato.

Assim, observa-se que diminuindo em 80% o TRH obteve-se um aumento na atividade do processo em aproximadamente 90%. Fato este que demonstra a eficácia do ajuste dos tempos de retenção hidráulica.

## REFERÊNCIAS

APHA, AWWA & WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

CASAGRANDE, C. G.; KUNZ, A.; DE PRÁ, M. C.; BRESSAN, C. R.; SOARES, H. M. High nitrogen removal rate using ANAMMOX process at short hydraulic retention time. **Water Science & Technology**. v.67. n. 5. p. 968-975. 2013.

DATE, Y.; ISAKA, K.; IKUTA, H.; SUMINO, T.; KANEKO, N.; YOSHIE, S.; TSUNEDA, S.; INAMORI Y. Microbial diversity of anammox bacteria enriched from different types of seed sludge in an anaerobic continuous-feeding cultivation reactor. **Journal of bioscience and bioengineering**. v. 103. p. 281-286. 2009

JETTEN M. S. M. Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process. **Environmental biotechnology**. v. 12. p. 283-288. 2001.

JETTEN, M. S. M. et al. The anaerobic oxidation of ammonium. **FEMS microbiology reviews**. v. 22. p. 421- 437. 1999.

KHIN, T.; ANNACHHATRE A. P. Novel microbial nitrogen removal processes. **Biotechnology advances**. v. 22. p. 519-532. 2004.

OBAJA, D.; MACE, S.; COSTA, J.; SANS, C.; MATA-ALVES, J. Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor. **Bioresource Technology**. v. 87. p. 103-111. 2003.

PUYOL, D.; CARVAJAL, J. M.; GARCIA, B.; SIERRA-ALVAREZ, R.; FIELD, J. A. Kinetic Characterization of Brocadia spp.-Dominated ANAMMOX Cultures. **Bioresource technology**. 2013.

SCHIERHOLT NETO, G. F.; KUNZ, A.; VANOTTI, M.; SOARES, H. M.; MATEI, R. M. **Aclimação e acompanhamento da atividade de lodos de efluentes de suinocultura para remoção de nitrogênio pelo processo de oxidação anaeróbia de amônia (anammox)**. In: XXX congresso internacional de ingenieria sanitaria y ambiental. Anales. Punta del este. 2006.

STROUS, M.; HEIJNEN, J. J.; KUENEN, J. G.; JETTEN, M. S. M. The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium – oxidizing microorganisms. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v50. p. 589-596. 1998.

TOH, S. K.; WEBB, R.I.; ASHBOLT, N.J. Enrichment of autotrophic anaerobic ammonium-oxidizing consortia from various wastewaters. **Microbial ecology**. v. 43. p. 154 – 167. 2002.