

EFEITO DA TRANSIÇÃO DE PROCESSO ANAMMOX PARA DESAMONIFICAÇÃO NA ATIVIDADE ESPECÍFICA DE CONSUMO DE NITROGÊNIO

Carolina Rucks¹, Jaqueline Klem Bohrer² Fabiane Goldschmidt Antes³, Ailton Kunz⁴

¹Graduada de Agronomia pelo Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia, Estagiária da Embrapa Suínos e Aves, Bolsista CNPQ/PIBIC, carolrucks.cr@gmail.com

²Doutoranda de Engenharia Agrícola pela UNIOESTE, Estagiária da Embrapa Suínos e Aves

³Analista da Embrapa Suínos e Aves,

⁴Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

Palavras-chave: nitrificação parcial, reator de fluxo ascendente, efluente suíno.

INTRODUÇÃO

A oxidação anaeróbia do amônio (Anammox) representa uma estratégia inovadora e eficiente para a remoção biológica de nitrogênio em efluentes com baixa relação carbono e nitrogênio (C/N), como digestatos de reatores anaeróbios. Contudo, a aplicação isolada do processo Anammox requer fontes de nitrito (NO_2^-) externas, o que limita sua autonomia operacional e sustentabilidade em sistemas de larga escala. Diante disso, o processo integrado de Nitrificação Parcial/Anammox (PN/A), conhecido também como desamonificação, tem se consolidado como uma alternativa promissora, ao permitir que parte do amônio seja previamente oxidado a nitrito por bactérias oxidadoras de amônio (BOAs), eliminando a necessidade de adição externa de NO_2^- . Essa transição de um sistema Anammox para desamonificação implica em novos desafios operacionais, como o controle seletivo de BOAs sobre BON (bactérias oxidadoras de nitrito), o ajuste de parâmetros como pH, oxigênio dissolvido e temperatura, além da manutenção da estabilidade da biomassa Anammox. Comparando o processo de desamonificação com processos convencionais de nitrificação/desnitrificação além de se ter um menor gasto com energia (60% da demanda de oxigênio), é possível economizar totalmente a necessidade de fonte externa de carbono (1).

A determinação da atividade específica da biomassa Anammox é uma etapa fundamental para o monitoramento do desempenho de reatores biológicos voltados à remoção autotrófica de nitrogênio. Devido ao crescimento extremamente lento dessas bactérias (tempo de duplicação de 8 a 11 dias) e à sua sensibilidade a condições operacionais (2), o acompanhamento da taxa de conversão de nitrogênio é essencial para avaliar a estabilidade do processo. Entre as metodologias disponíveis, os ensaios cinéticos em batelada se destacam por sua capacidade de avaliar, de forma controlada, a velocidade de consumo de amônio e nitrito e a produção de nitrogênio gasoso sob condições específicas (3).

Esses testes permitem a estimativa da Atividade Específica Anammox expressa geralmente em termos de $\text{mgN gSSV}^{-1} \text{h}^{-1}$, e fornecem informações sobre inibições, perdas de atividade, ou variações no comportamento metabólico da biomassa ao longo do tempo. Sendo uma ferramenta de apoio à tomada de decisões em sistemas em operação ou em fase de transição para o regime de desamonificação. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a adaptação de uma biomassa operada em reator originalmente Anammox para o regime de desamonificação (PN/A).

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios cinéticos foram realizados de acordo com Bonassa et al. (2021) (4) com o objetivo de avaliar a atividade específica de bactérias Anammox antes e depois da mudança de processo. Inicialmente a biomassa estava aclimatada em reator Pró-NITRAMMOX suplementado com nitrito de sódio (NaNO_2) e sem aeração, depois uma parte dessa biomassa foi inoculada em reator de fluxo ascendente com volume de 1 L em escala de bancada sem suplementação de nitrito e com aeração acoplada para oxidação parcial do amônio pelas BOAs.

Os testes cinéticos foram realizados em dois momentos, um antes da inoculação do reator de desamonificação e outro, após 94 dias de operação do reator. Para condução dos testes, uma amostra uniforme da biomassa foi coletada e disposta em um cone Imhoff, o qual foi alimentado com efluente sintético contendo concentrações conhecidas de amônio e nitrito. O sistema foi operado sob as mesmas condições do reator, e amostras foram coletadas a cada 30 minutos para avaliação do consumo do substrato.

Durante o período de teste, foram monitorados os parâmetros de pH, temperatura e oxigênio dissolvido dentro do cone. As amostras coletadas foram analisadas para determinação de teores de amônia, nitrito, nitrato e alcalinidade. Ao final do ensaio, foram coletadas amostras da biomassa para determinação de sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos fixos (SSF) (5). Com base nisso, foi possível determinar a velocidade específica de consumo do substrato (μ_s), conforme a Equação 1.

$$\mu_s = \frac{1}{X} \left(-\frac{dS}{dT} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que, μ_s refere-se à velocidade específica de consumo do substrato, S a concentração do substrato (mgN L^{-1}), t o tempo (h) e X a concentração celular ($\text{mgSSV}^{-1} \text{L}^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as análises cinéticas em batelada pode-se observar que houve um aumento de quase duas vezes na velocidade específica de consumo de substrato após 94 dias de operação do reator em processo de desamonificação (Tabela 1). Antes, quando estava sendo operado apenas em processo Anammox, a velocidade específica de consumo de substrato foi de $0,582 \text{ mgN gSSV}^{-1} \text{h}^{-1}$ e após 94 dias operado em processo de desamonificação houve um aumento na velocidade para $1,173 \text{ mgN gSSV}^{-1} \text{h}^{-1}$.

Consórcios microbianos são mais estáveis e adaptáveis do que culturas de cepa única. A divisão das tarefas metabólicas entre diferentes espécies permite que a comunidade resista melhor às flutuações ambientais e choques tóxicos, levando a uma remoção de nitrogênio mais robusta. Ao combinar as capacidades metabólicas das bactérias BOAs e Anammox, pode-se converter com eficiência o nitrogênio amoniacal total (TAN) diretamente em gás nitrogênio, reduzindo a necessidade de fontes externas de carbono e minimizando o consumo de energia. As interações cooperativas dentro dos consórcios ajudam a otimizar remoção de nitrogênio, minimizando o acúmulo de subprodutos indesejados e melhorando a eficiência geral do processo (6,7)

CONCLUSÕES

Através desses resultados pode-se concluir que o consórcio microbiano no processo de desamonificação se mostrou mais eficiente do que quando essas culturas estão separadas em processos isolados, demonstrando uma adaptação da atividade microbiana. Favorecendo assim, não apenas a eficiência na conversão do amônio em nitrogênio gasoso, mas também a robustez do processo frente a variações ambientais, evidenciando o potencial da desamonificação como uma estratégia sustentável e eficaz para o tratamento biológico de efluentes ricos em nitrogênio.

Agradecimento: PIBIC-CNPq

REFERÊNCIAS

1. Chen G, Zhang Y, Wang X, Chen F, Lin L, Ruan Q, et al. **Optimizing of operation strategies of the single-stage partial nitrification-anammox process**. J Clean Prod. 2020 May 20;256.
2. Parde D, Behera M, Dash RR, Bhunia P. **A review on anammox processes: Strategies for enhancing bacterial growth and performance in wastewater treatment**. Vol. 191, International Biodeterioration and Biodegradation. Elsevier Ltd; 2024.
3. Xue H, Wang H, Zhou M, Kumari S, Wang Y. **Innovative determination of the specific anammox activity for anammox sludge from continuous flow reactors: A comparison between continuous flow test and batch test**. Bioresour Technol. 2024 Feb 1;394.
4. Bonassa G, Chiapetti Bolsan A, Venturin B, Celant De Prá M, Goldschmidt Antes F, Ester Hollas C, et al. **A new kinetic model to predict substrate inhibition and better efficiency in an airlift reactor on deammonification process**. Bioresour Technol. 2021 Jan 1;319.
5. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater** (12th ed.). American Public Health Association. 2012;56(4):684–684.
6. Cao Z, Yan W, Ding M, Yuan Y. **Construction of microbial consortia for microbial degradation of complex compounds**. Vol. 10, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. Frontiers Media S.A.; 2022.
7. Duncker KE, Holmes ZA, You L. **Engineered microbial consortia: strategies and applications**. Vol. 20, Microbial Cell Factories. BioMed Central Ltd; 2021.

Tempo de operação (d)	μ_s ($\text{mgN gSSV}^{-1} \text{h}^{-1}$)
0	0,582
94	1,173

Tabela 1. Velocidades específicas de consumo de substrato (μ_s) em $\text{mgN gSSV}^{-1} \text{h}^{-1}$ do inóculo (0 dias) e após 94 dias de operação.