

II-025 – DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA E NITROGENADA NO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE DE ABATEDOURO BOVINO

Adriana Neres de Lima⁽¹⁾

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Doutoranda em Engenharia Agrícola na UNIOESTE.

Benedito Martins Gomes

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professor Associado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

Simone Damasceno Gomes

Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professora Associada na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

Endereço⁽¹⁾: Rua Filosofia, 1278 - Faculdade - Cascavel - PR - CEP: 85819-210 - Brasil - Tel: (46) 9975-9670 - email: adriilima@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os perfis da degradação da matéria orgânica e nitrogenada em um reator em batelada sequencial (RBS), no tratamento biológico de efluente de abatedouro de bovinos por meio de processos de nitrificação/desnitrificação. A unidade experimental constituiu-se de um RBS confeccionado de polietileno com 185 mm de diâmetro x 205 mm de altura e volume útil de 4 L. Durante a operação do sistema de tratamento, foram monitorados os parâmetros temperatura, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido e relação C/N. A avaliação do comportamento dos perfis temporais indicou possível redução nos tempos de ciclo das fases aeróbia e anóxica, uma vez que foram alcançadas remoções dos compostos nitrogenados e carbonáceos, superiores a 85%, em apenas 12 e 2 h, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrogênio amoniacal, Reator em Batelada Sequencial, Vazão de Ar.

INTRODUÇÃO

Efluentes agroindustriais oriundos do processamento de carnes são caracterizados por elevados teores de sólidos em suspensão, compostos orgânicos e nutrientes, principalmente nitrogênio em suas diferentes formas. A adequação desses efluentes aos padrões de lançamento se torna indispensável em decorrência de seu potencial eutrofizante e riscos aos organismos aquáticos e à saúde humana.

O nitrogênio apresenta-se na forma de muitos compostos, devido aos vários estados de oxidação que pode assumir e ao fato de que essas mudanças podem ser provocadas por organismos vivos. No meio ambiente, o nitrogênio encontra-se mais frequentemente na forma de amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) ou nitrogênio gasoso (N_2). A equação de equilíbrio amônia-amônio está representada na forma $\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$. De acordo com METCALF & EDDY (2003), para valores ácidos de pH, a concentração de H^+ aumenta e em níveis de pH abaixo de 7, o íon amônio é predominante, para valores básicos de pH, a concentração de H^+ diminui e, em níveis de pH acima de 11, praticamente todo nitrogênio amoniacal aparece como gás de amônia.

Tradicionalmente, a eliminação de nitrogênio de águas residuárias é realizada por processos biológicos que contemplam a nitrificação seguida da desnitrificação. Na nitrificação, segundo LI & IRVIN (2007), a amônia ou íon amônio é oxidado a nitrito pelas bactérias autotróficas oxidantes de amônia, na nitrificação, e, então, o nitrito é oxidado a nitrato, na nitrificação. Na desnitrificação, o nitrato é convertido a nitrogênio gasoso, tendo como possíveis intermediários o óxido nítrico (NO) e o óxido nitroso (N_2O). O nitrato atua, sob condições de

anaerobiose, como uma substância aceptora de elétrons (UEMOTO & SAIKI, 1996). De acordo com JULIASTUTI *et al.* (2003), a nitrificação é o processo mais sensível dentre os processos de remoção biológica de nutrientes de águas residuárias, sendo a biomassa autotrófica nitrificante, aproximadamente, 10 vezes mais sensível que a biomassa heterotrófica.

Dentro desse contexto, o objetivo principal do trabalho foi avaliar os perfis da degradação da matéria orgânica e nitrogenada quanto aos processos de nitrificação e desnitrificação em um reator em batelada sequencial (RBS) utilizado no tratamento biológico de efluente anaeróbio proveniente de abatedouro de bovinos.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

O sistema de tratamento foi composto de um reator em batelada sequencial, montado por em escala de bancada, confeccionado de polietileno, com 185 mm de diâmetro e 205 mm de altura, e volume útil de 4 L. O efluente utilizado na alimentação do reator foi proveniente da saída da primeira lagoa anaeróbia do sistema de tratamento de um abatedouro de bovinos, localizado no município de Toledo, PR.

O sistema de tratamento contemplou o processo de nitrificação seguido de desnitrificação. Na nitrificação, o ar foi difundido no reator através do uso de duas pedras porosas. O sistema de aeração consistiu de um aerador de aquário da marca Big-Air, modelo A420, acoplado a um fluxômetro para controle de vazão de entrada de ar. Na desnitrificação, o efluente foi misturado com o agitador mecânico a fim de mantê-lo em constante contato com a biomassa. O descarte do efluente tratado foi realizado por sifão.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O reator foi operado em batelada com tempo de ciclo total de 21 horas, as quais foram divididas entre as seis fases operacionais: alimentação (instantânea), reação aeróbia (11 h), reação anóxica (8 h), sedimentação (1 h), descarte (0,1 h) e repouso (0,9 h).

Na fase operacional, foi realizado monitoramento do comportamento do reator por meio de determinação dos parâmetros pH, alcalinidade e relação DQO/N, a fim de manter a estabilização do processo. Na fase de reação aeróbia a insuflação de ar foi mantida a $0,5 \text{ L}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ L}_{\text{reator}}^{-1}$. A alcalinidade foi corrigida, quando necessário, na alimentação do reator para manter a relação alcalinidade/nitrogênio amoniacal próxima à recomendada, de 7,14. A alcalinidade foi corrigida pela adição de solução de bicarbonato de sódio 1 M. Na alimentação do reator, para promover bom desempenho do processo de nitrificação, a relação DQO/N, mantida no efluente, foi menor que 3 (METCALF; EDDY, 2003). No processo de desnitrificação, a relação DQO/N foi ajustada em torno de 5 (METCALF; EDDY, 2003), com adição de etanol como fonte externa de carbono.

As metodologias e os métodos empregados no monitoramento físico-químico do reator RBS estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos avaliados no monitoramento do RSB e na caracterização do efluente de abatedouro bovino.

Parâmetros	Unidades	Métodos
Ph		Potenciométrico
Alcalinidade total	mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	2320 B – Titulométrico (APHA, 2005)
Oxigênio dissolvido	mg L^{-1}	Potenciométrico
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg L^{-1}	5220 D – Colorimétrico (APHA, 2005)
Nitrogênio amoniacal (NH_4^+)	mg L^{-1}	4500 C – Titulométrico (APHA, 2005)
Nitrito (NO_2^-)	mg L^{-1}	4500 $\text{NO}_2 \text{ I}$ – Colorimétrico (APHA, 2005)
Nitrato (NO_3^-)	mg L^{-1}	4500 $\text{NO}_3 \text{ I}$ – Colorimétrico (APHA, 2005)
Sólidos Suspensos Voláteis	mg L^{-1}	2540 D – Gravimétrico (APHA, 2005)

Ao final de cada batelada, foi determinada a concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV) no lodo sedimentado, através da leitura da absorbância em espectrofotômetro a 700 nm de comprimento de onda (DAMASCENO, 2003). Foi fixada a concentração de sólidos suspensos voláteis em 10000 mg L⁻¹ no lodo do reator, no início de cada batelada a ser testada.

Os perfis da degradação da matéria orgânica e nitrogenada e quanto aos processos de nitrificação e desnitrificação foram realizados em quintuplicata.

RESULTADOS OBTIDOS

Na operação do RBS utilizado no tratamento de efluente de abatedouro de bovinos, foram realizados monitoramentos da dinâmica dos compostos nitrogenados e da remoção de matéria orgânica em função do tempo. O perfil temporal da dinâmica dos compostos nitrogenados no processo completo é apresentado na Figura 1.

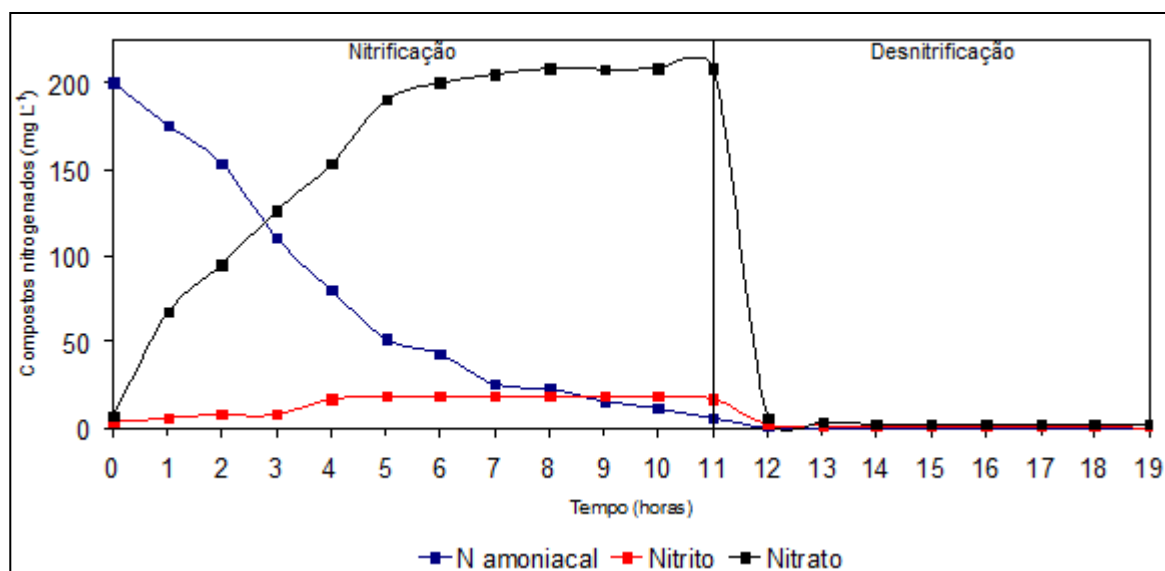


Figura 2: Perfil temporal da dinâmica dos compostos nitrogenados no processo completo (nitrificação/desnitrificação).

Na Figura 1 é possível verificar o consumo acentuado de nitrogênio amoniacal no período inicial de 7 horas de nitrificação, com redução de 87,4%. Nesse mesmo período, foi observado aumento progressivo da concentração de nitrato de $6,8 \pm 1,2$ para $205,0 \pm 2,3$ mg L⁻¹. Como era esperado, o nitrato foi a forma predominante de nitrogênio oxidado durante todo o ciclo aeróbio.

O acúmulo de nitrito de aproximadamente $18 \pm 2,2$ mg L⁻¹ foi verificado a partir da 4^a até a 11^a hora de nitrificação. Este acúmulo pode ter ocorrido pelo fato de que a taxa de oxidação do nitrogênio amoniacal foi maior nas primeiras horas do ciclo o que resultou no maior consumo de alcalinidade no sistema e consequentemente redução no pH. Assim, a atividade das bactérias oxidantes de nitrogênio amoniacal e de nitrito diminuiu, porém o quociente entre as taxas de oxidação (oxidantes de nitrogênio amoniacal/oxidantes de nitrito) aumentou e ocorreu acúmulo de nitrito, mesmo na ausência de amônia livre.

Na fase anóxica, notou-se a remoção de 96,6% dos compostos nitrogenados (nitrito+nitrato) na primeira hora de desnitrificação. A instantânea remoção dos compostos nitrogenados na desnitrificação pode estar associada à concentração de material orgânico imediatamente disponível, acrescentado no início da fase anóxica.

De acordo com o monitoramento realizado nos perfis temporais, onze horas de nitrificação foram suficientes para que ocorresse a oxidação do nitrogênio amoniacal e a máxima conversão a nitrato; enquanto, uma hora de desnitrificação promoveu a remoção quase completa do nitrito e nitrato. Os resultados observados indicam a

possibilidade de redução dos tempos de ciclo, tanto na fase aeróbia (16 h) quanto na fase anóxica (6 h), utilizadas nesse experimento.

De acordo com Ferreira (2000), a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes é afetada, sobretudo pelo tempo de residência. Como essa taxa está relacionada ao consumo de substrato e, portanto, à atividade dos microrganismos, fica evidente que o aumento no tempo de reação proporcionará melhor eficiência no sistema. Madigan; Martinko e Parker (2000) afirmaram que, sob condições ideais, o tempo para geração das bactérias do gênero *Nitrosomonas* é de 8 horas e o das bactérias do gênero *Nitrobacter* é de 10 horas.

O perfil temporal da remoção de matéria orgânica, em termos de DQO, no processo completo está apresentado na Figura 2.

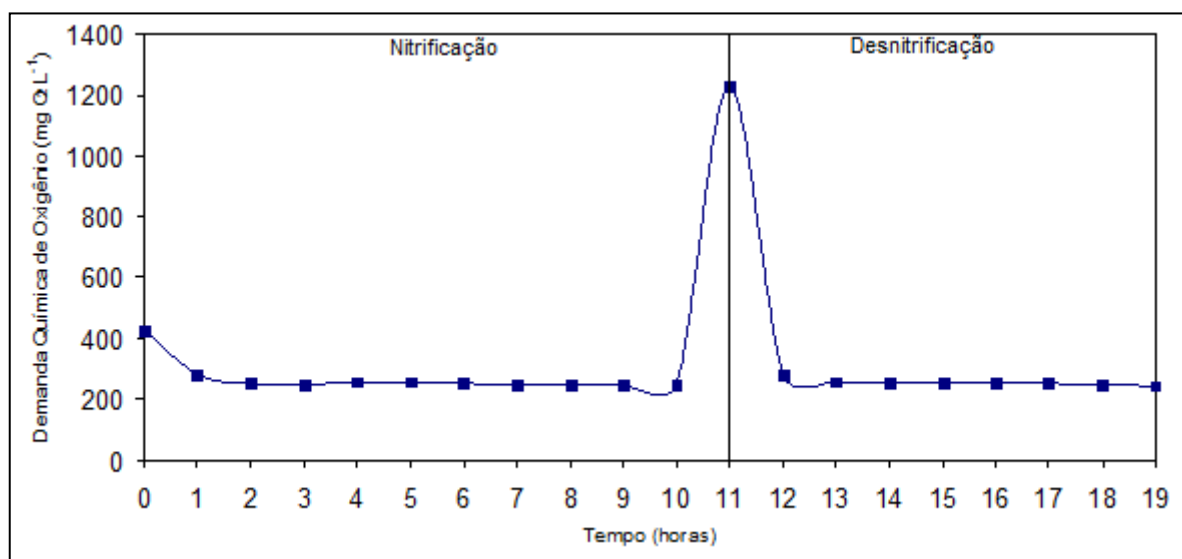


Figura 2: Perfil temporal da remoção de matéria orgânica (DQO) no processo completo (nitrificação/desnitrificação).

Na Figura 2 é possível verificar a remoção de aproximadamente 41,1% de matéria orgânica nas duas horas iniciais de nitrificação, todavia, tal remoção foi mais evidente na primeira hora do processo.

Na desnitrificação, após a adição de etanol para o ajuste da relação DQO/N (5,4), foi observada remoção de 80,1% de matéria orgânica no tempo de ciclo anóxico completo, sendo que 77,2% da remoção ocorreram na primeira hora do processo. A concentração de matéria orgânica remanescente de $246,7 \pm 10,4 \text{ mg L}^{-1}$ foi similar à concentração remanescente do processo de nitrificação de $253,7 \text{ mg L}^{-1}$.

Os valores de pH variaram de 7,8 a 8,4 na alimentação do reator devido à adição de alcalinizante no sistema para correção de razão Alc/N para 7,14, pois no processo de nitrificação há consumo de alcalinidade. No processo de desnitrificação, foi possível observar a recuperação média de alcalinidade de $44,1 \pm 2,6\%$ em relação à alcalinidade consumida no processo de nitrificação.

A concentração de oxigênio dissolvido na massa líquida do reator atingiu concentração de $5,7 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ no processo de nitrificação. No processo de desnitrificação, a redução na concentração de oxigênio dissolvido para aproximadamente $0,27 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ na primeira hora do processo.

CONCLUSÕES

O sistema RBS, aplicado na remoção de nitrogênio, mostrou-se viável no pós-tratamento de efluente anaeróbio de abatedouro bovino, visto que apresentou níveis elevados de remoção de nitrogênio.



Verificou-se ainda a possibilidade de redução dos tempos de ciclo, tanto na fase aeróbia (de 16 h para 11 h) quanto na fase anóxica (de 6 h para 2 h) a partir do monitoramento dos perfis temporais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed., Washington, DC: APHA, 2005.
2. DAMASCENO, S.; CEREDA, M.P; PASTORE, G.M.; OLIVEIRA, J.G. Production of volatile compounds by *Geotrichum fragrans* using cassava wastewater as substrate. *Process Biochemistry*, v. 39, n. 4, p. 411-414, 2003.
3. FERREIRA, E. S. Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e desnitrificação biológica. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2000.
4. JULIASTUTI, S.R., BAEYENS, J., CREEMERS, C., BIXIO B., LODEWYCKX, E. The inhibitory effects of heavy metals and organic compounds on the net maximum specific growth rate of the autotrophic biomass in activated sludge. *Journal of Hazardous Materials*, v. 100, n. 1, p. 271-283, 2003.
5. LI, B.; IRVIN, S. The comparison of alkalinity and ORP as indicators for nitrification as denitrification in a sequencing batch reactor (SBR). *Biochemical Engineering Journal*. n.34, p. 248-255, 2007.
6. MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. *Biology of microorganisms*, prentice hall international. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2000.
7. METCALF, L.; EDDY, H. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Nova York: McGraw-hill, 2003.
8. UEMOTO, H.; SAIKI, H. Nitrogen removal by tubular gel containing *Nitrosomonas europaea* and *Paracoccus denitrificans*. *Applied and Environmental Microbiology*. v. 62, n. 11, p. 4224-4228, 1996.