

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

**Adriana Neres de Lima<sup>(1)</sup>**

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<sup>(1)</sup>:** Rua Filosofia, 1278 - Faculdade - Cascavel - PR - CEP: 85819-210 - Brasil - Tel: (46) 9975-9670 - email: [adriilima@hotmail.com](mailto: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 aeróbica 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 ( $\text{NH}_3$ ), íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou nitrogênio gasoso ( $\text{N}_2$ ). 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  $\text{H}^+$  aumenta e em níveis de pH abaixo de 7, o íon amônio é predominante, para valores básicos de pH, a concentração de  $\text{H}^+$  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 nitritação, e, então, o nitrito é oxidado a nitrato, na nitratização. Na desnitrificação, o nitrato é convertido a nitrogênio gasoso, tendo como possíveis intermediários o óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). O nitrato atua, sob condições de

anaerobiose, como uma substância acceptora 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 aeróbica (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 aeróbica a insuflação de ar foi mantida a  $0,5 \text{ L}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ L}_{\text{reactor}}^{-1}$ . 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.**

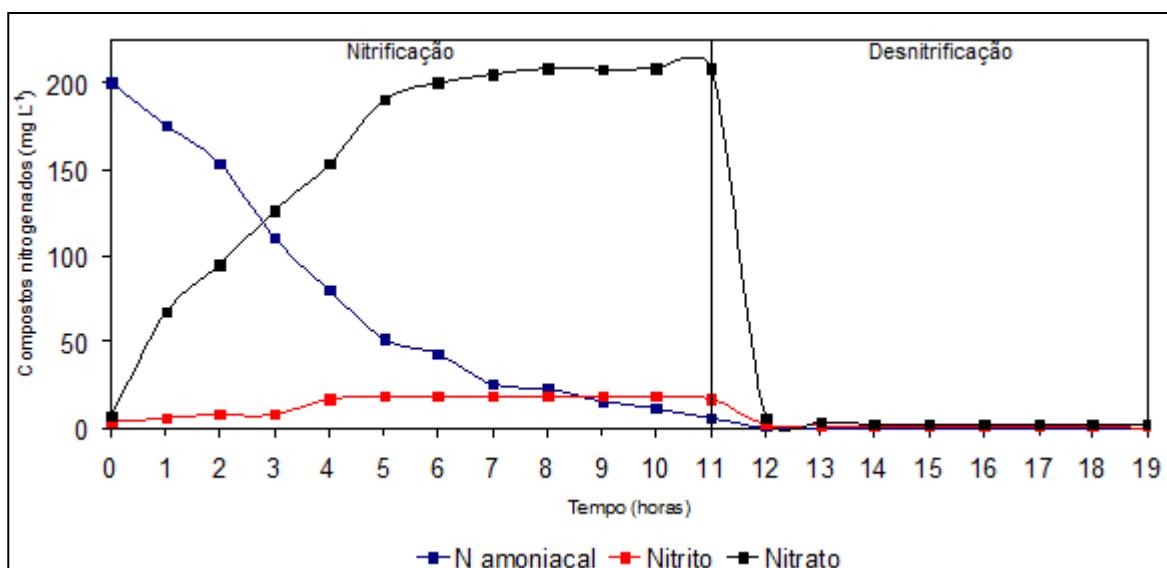
Parâmetros	Unidades	Métodos
Ph		Potenciométrico
Alcalinidade total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	2320 B – Titulométrico (APHA, 2005)
Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	Potenciométrico
Demandra química de oxigênio (DQO)	mg L <sup>-1</sup>	5220 D – Colorimétrico (APHA, 2005)
Nitrogênio amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	4500 C – Titulométrico (APHA, 2005)
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	4500 NO <sub>2</sub> I – Colorimétrico (APHA, 2005)
Nitrito (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	4500 NO <sub>3</sub> I – Colorimétrico (APHA, 2005)
Sólidos Suspensos Voláteis	mg L <sup>-1</sup>	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  $10000 \text{ mg L}^{-1}$  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 amoniacial 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  $205,0 \pm 2,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Como era esperado, o nitrato foi a forma predominante de nitrogênio oxidado durante todo o ciclo aeróbio.

O acúmulo de nitrito de aproximadamente  $18 \pm 2,2 \text{ mg L}^{-1}$  foi verificado a partir da 4<sup>a</sup> até a 11<sup>a</sup> hora de nitrificação. Este acúmulo pode ter ocorrido pelo fato de que a taxa de oxidação do nitrogênio amoniacial 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 amoniacial e de nitrito diminuiu, porém o quociente entre as taxas de oxidação (oxidantes de nitrogênio amoniacial/oxidantes de nitrito) aumentou e ocorreu acúmulo de nitrito, mesmo na ausência de amônia livre.

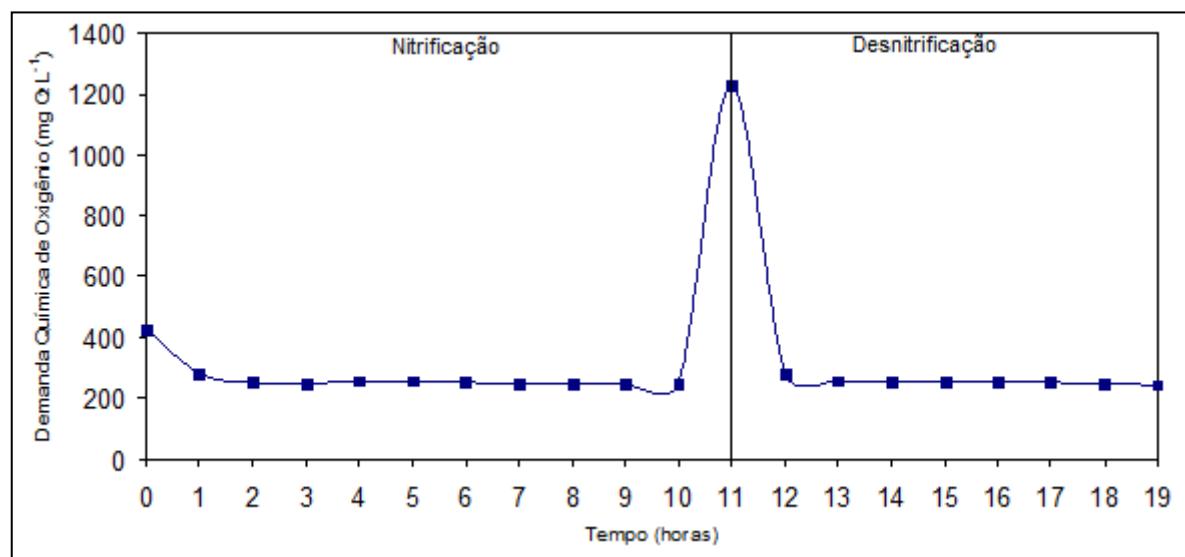
Na fase anóxica, notou-se a remoção de 96,6% dos compostos nitrogenados (nitrito+nitrato) na primeira hora de desnitrificação. A instantânea remoção dos compostos nitrogenados na desnitrificação pode estar associada à concentração de material orgânico imediatamente disponível, acrescentado no início 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 amoniacial 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  $246,7 \pm 10,4$  mg L<sup>-1</sup> foi similar à concentração remanescente do processo de nitrificação de 253,7 mg L<sup>-1</sup>.

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  $5,7 \pm 0,4$  mg L<sup>-1</sup> no processo de nitrificação. No processo de desnitrificação, a redução na concentração de oxigênio dissolvido para aproximadamente  $0,27 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup> 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.