



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

REMOÇÃO ANAERÓBIA DE NITROGÊNIO AMONIACAL POR MEIO DE REATOR COM CULTURA FIXA EM MEIO SUPORTE OPERANDO EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Carla Eloísa Diniz dos Santos¹; Francisco J. C. Terán²; José. H. A. Vasconcelos³;
Murilo C. Lucas⁴

RESUMO

Neste trabalho são apresentados resultados de remoção de nitrogênio amoniacal em ausência de oxigênio molecular obtidos a partir da operação, em bateladas sequenciais, de um reator anaeróbio com biofilme aderido em meio suporte. Após inoculação com lodo proveniente de uma lagoa de abatedouro bovino, o reator foi alimentado com meio de cultura sintético, descrito por Martins (2007), estabelecendo assim a condição ideal para o desenvolvimento da cultura *Anammox*. O critério adotado para definir a duração das bateladas foi a eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal. Assim, o resultado da batelada 1 mostrou-se o mais satisfatório em termos de remoção média por dia, sendo que a remoção anaeróbia de nitrogênio amoniacal obtida foi a de 57,1% com duração da batelada de 3 dias. A proporção de $N-NH_3^+$: $N-NO_2^-$ que mais se aproximou da ideal foi de 1:0,28 durante a quinta batelada. Apesar dos baixos valores de remoção obtidos e da ocorrência de uma contaminação por OD após o 40º dia de operação, houve indicativos da viabilidade da remoção de nitrogênio amoniacal em ausência de oxigênio.

Palavras-chave: Anammox; remoção anaeróbia de nitrogênio amoniacal; frigorífico; reator biológico.

ANAEROBIC REMOVAL OF AMMONIA NITROGEN BY AN AUTOTROPHIC REACTOR WITH FIXED FILM OPERING IN A SEQUENTIAL BATCH

ABSTRACT

This study presents results of ammonia nitrogen oxidation in absence of molecular oxygen. They were obtained after the operation of a sequential batch anaerobic reactor with fixed film. After the inoculation with sludge from an anaerobic stabilization pond of a slaughterhouse wastewater treatment plant, the reactor was fed with a synthetic culture media, as described by Martins (2007), in order to establish ideal conditions for growth and development of *Anammox* culture. The duration of the batch was established in accordance with the increase of removal efficiency of ammonia nitrogen. Thus, the result of batch 1 showed to be the most satisfactory in terms of average removal per day, it was obtained a value of removal of 57,1% for duration of the batch of 3 days. The ratio of Ammonia-N : NO_2^-N concentration that was more close of ideal was of 1: 0,28 during the fifth batch. Despite the low values obtained for removal and the occurrence of a contamination by OD after the 40th day of operation, there was evidence of the feasibility of removal of ammonia nitrogen in absence of oxygen molecular.

Keywords: Anammox; anaerobic removal of ammonia nitrogen; slaughterhouse unit; biological reactor.

Trabalho recebido em 13/05/2010 e aceito para publicação em 15/06/2010.

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNESP), Campus de Presidente Prudente/SP. Rua Ruíá Barbosa, 1736 – Apto 1422. Vila Santa Helena, Presidente Prudente/SP. e-mail: carla_dds@hotmail.com.

² Professor Orientador. Doutor. Curso de Engenharia Ambiental da FCT/UNESP. e-mail: fteran@fct.unesp.br

³ Graduando em Engenharia Ambiental FCT/UNESP. e-mail: jhav_2@hotmail.com

⁴ Engenheiro Ambiental e Mestrando em Hidráulica e Saneamento – EESC/USP. e-mail: murilolucas@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso mineral essencial para a existência de vida na Terra. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, como o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica, as atividades de lazer e recreação e a preservação da vida aquática.

Quando se utiliza o termo "qualidade da água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas deste recurso. E de acordo com essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos (MERTEN *et al.*, 2002). Segundo o Padrão de Lançamento desta resolução, fixa-se o limite máximo de emissão apenas para o nitrogênio amoniacal, por ser esta a forma mais nociva ao meio ambiente, em 20 mg.L⁻¹. Em termos de Padrão de Qualidade, a concentração limite varia em função do pH da água e do enquadramento

do corpo receptor da mesma forma que os valores permissíveis de concentração de nitrito e nitrato. Já para fins de reuso, dependendo do destino, a qualidade da água poderá ser baseada nos padrões nacionais de potabilidade, os quais são indicados pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 518 de 25 de maio de 2004, a qual determina concentrações máximas de 10 mg/L e 1,0 mg/L para N-NO₃⁻ e N-NO₂⁻ respectivamente.

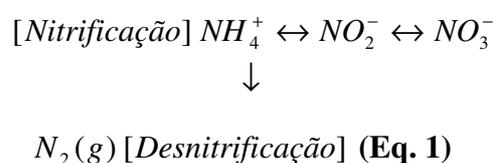
O tratamento de águas residuárias foi, por muito tempo, focado apenas na remoção da matéria carbonácea que é, certamente, motivo de grande preocupação, por seu alto poder de consumo de oxigênio quando descartado em corpos receptores. Entretanto, devido, principalmente a problemas relacionados com a eutrofização de corpos d'água e de contaminação de lençóis freáticos pelo lançamento de resíduos ricos em nitrogênio, estudos relacionados ao tratamento deste elemento têm tomado muita importância nos últimos anos (PHILIPS, 2008).

Quanto às questões de saúde pública, existe o problema ligado ao saneamento dos domicílios, uma vez que os reservatórios utilizados para abastecimento público estão sujeitos à proliferação excessiva de cianobactérias (surgem em corpos d'água eutrofizados),

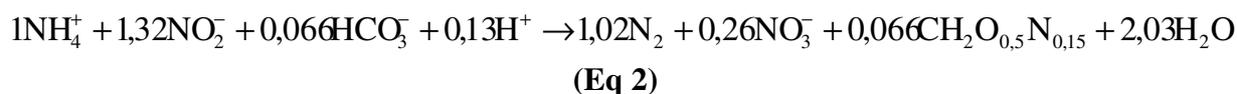
as quais podem sintetizar substâncias tóxicas que quando presentes na água utilizada para abastecimento provocam efeitos adversos como gastroenterite, hepato-enterite e outras doenças do fígado e rim, câncer, irritações na pele, alergias, conjuntivite, problemas com a visão, problemas respiratórios, asfixia, convulsões e morte, dependendo do tipo da toxina, da concentração e da via de contato (KUIPER-GOODMAN *et al*, 1999). Outro problema de saúde pública que pode ser evitado através da remoção de compostos nitrogenados nas águas residuárias é a metahemoglobinemia (meta-Hb), doença caracterizada pela conversão da hemoglobina em metahemoglobina em grande quantidade, a qual é incapaz de se ligar ao oxigênio e transportá-lo aos tecidos, causando assim, a má oxigenação das células, o que pode levar à morte dos pacientes.

A tradicional remoção de nitrogênio por via microbiana está baseada na nitrificação autotrófica e desnitrificação heterotrófica (KHIN & ANNACHHATRE, 2004). No primeiro estágio, o da nitrificação, o amônio é oxidado em

presença de oxigênio a nitrito e em seguida a nitrato por intermédio das bactérias nitrificantes. Num segundo estágio o nitrato é, em ausência de oxigênio, reduzido a nitrito, e posteriormente a $N_{2(g)}$ através das bactérias heterotróficas desnitrificantes (TARTAKOVSKY, 1996). A Equação 1 (GRUNDITZ *et al*, 1998) mostra a reação global de forma simplificada:



O método alternativo de remoção de nitrogênio, o *Anammox* é um processo biológico em que a oxidação da amônia ocorre concomitantemente à redução do nitrito utilizando carbono inorgânico para crescimento microbiano (MARTINS, 2007). Neste processo, microrganismos oxidam amônio (NH_4^+) diretamente a nitrogênio gasoso (N_2) sendo o nitrito (NO_2^-), o acceptor de elétrons. O processo é autotrófico, utilizando CO_2 como única fonte de carbono. Segundo Van De Graaf *et al*, (1996), a estequiometria global de um processo *Anammox* pode ser descrito da seguinte maneira:



Quanto às características operacionais ótimas para o desenvolvimento desta microbiota, pode-se

dizer que o pH ideal está entre 7 e 8 e a temperatura de atuação está na faixa de 20 a 43° com o ótimo em 40±1 °C

(SCHIERHOLT NETO, 2007). Ainda segundo SCHIERHOLT NETO (2007), o processo Anammox sofre forte inibição pela presença de oxigênio dissolvido (OD), mesmo em baixas concentrações como 2 $\mu\text{mol/L}$ (0,06 $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$). Porém, a inibição cessa imediatamente após a retirada do

oxigênio dissolvido (OD) do meio sendo, portanto, uma inibição reversível.

A Figura 1 mostra um esquema do ciclo biológico do nitrogênio com o processo de nitrificação, desnitrificação, fixação do nitrogênio e *Anammox*.

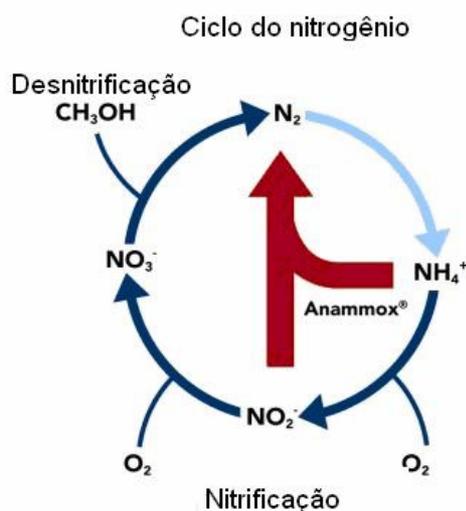


Figura 1 – Esquema representativo do ciclo biológico do nitrogênio.

Fonte: <http://www.paques.nl/?pid=46> (2007)

Observa-se que na atualidade, não há uma preocupação efetiva com a remoção de nitrogênio amoniacal no tratamento de águas residuárias, já que tais procedimentos costumam ter altos custos de implantação, por serem baseados em duas etapas: a aeróbia (nitrificação) e a anaeróbia (desnitrificação). Porém, essas reações são conhecidas desde muito tempo e vem sendo aplicadas com sucesso na maioria dos sistemas modernos de tratamento (EGLI *et al.*, 2001).

Portanto, desenvolver um método no qual a remoção de nitrogênio ocorre em

apenas uma etapa (processo Anammox) é muito conveniente, proporcionando uma economia de recursos financeiros tanto na implantação, quanto na operação e manutenção do sistema. Desta maneira, evita-se que concentrações excessivas de nitrogênio causem a eutrofização dos corpos d'água receptores, e como consequência, evitem a possibilidade da ocorrência de algas tóxicas e a diminuição da biodiversidade desses ecossistemas tão importantes da Terra. Com o estabelecimento da remoção de nitrogênio no tratamento das águas residuárias, evita-

se problemas relacionados com a saúde pública, uma vez que são cada vez mais frequentes em reservatórios utilizados para abastecimento público, a presença de florações de microalgas na superfície algumas das quais podem produzir toxinas altamente perigosas, alterando as características da água (BRANDÃO *et al*, 2006).

Outro problema de saúde pública que pode ser evitado através da remoção de compostos nitrogenados nas águas residuárias que podem compor corpos hídricos de abastecimento público é a metahemoglobinemia - também conhecida como meta-Hb – doença caracterizada pela conversão da hemoglobina em metahemoglobina em grande quantidade, a qual é incapaz de se ligar ao oxigênio e transportá-lo aos tecidos, causando assim, a má oxigenação das células, o que pode levar à morte dos pacientes.

Este projeto teve como objetivo principal estabelecer o enriquecimento de microorganismos anaeróbios oxidadores de amônia (Anammox) para efetuar a remoção de nitrogênio amoniacal em águas residuárias geradas em indústrias de abate de bovinos por meio de um reator biológico de leito fixo e fluxo ascendente..

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi construído um reator anaeróbio vertical de 60 centímetros de altura e 7,4

centímetros de diâmetro, operado em fluxo ascendente. Utilizou-se uma camada de meio suporte fixo (pedriscos, com diâmetro médio de 3 mm e massa específica igual a 2,6 g/cm³), proporcionando assim, condições para a fixação das bactérias e um aumento do tempo de retenção celular. O afluente foi introduzido pela parte inferior (entrada), escoando através da camada de material suporte até o topo do reator (saída), sendo este fluxo controlado por duas bombas peristálticas, as quais mantinham o nível do líquido constante dentro do reator. Adotou-se um meio de cultivo sintético para alimentação do reator, descrito por Martins (2007). Como inóculo adotou-se o lodo proveniente da lagoa de estabilização anaeróbia de um frigorífico do município de Presidente Prudente/SP.

Foi adicionado um volume de lodo que proporcionou, logo após a inoculação, uma concentração de 4 g/L de Sólidos Suspensos Totais (SST). A temperatura de operação do sistema foi controlada colocando-o dentre de uma câmara de madeira e efetuou-se o acompanhamento da temperatura ótima do sistema (40 ± 1°C) através da instalação de um termostato digital ligado diretamente a uma resistência com potência igual a 800W. Na Figura 2 é apresentado o esquema da instalação piloto.

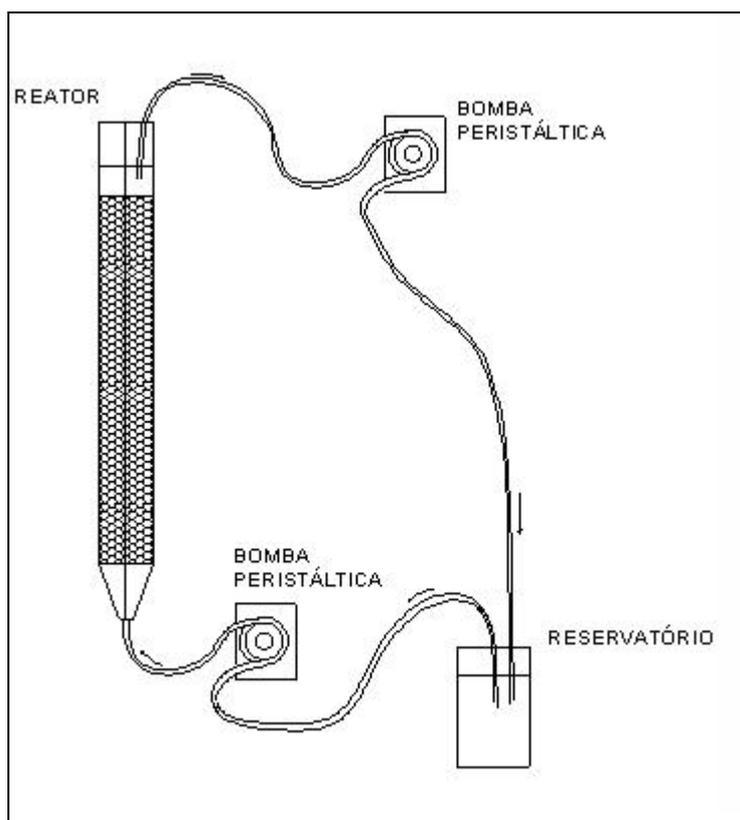


Figura 2 - Esquema da instalação do sistema em escala piloto.

O meio de cultura era preparado e disposto em um reservatório com volume de 5 L a partir do qual o mesmo era recalado para a entrada do reator por meio de uma bomba peristáltica. Após atravessar a região ocupada pelo meio suporte, o líquido retornava ao reservatório de preparo.

O monitoramento foi realizado através de análises laboratoriais das concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, pH, SST, SSV, ST e oxigênio dissolvido na entrada (afluente) e saída (efluente) do reator. A metodologia empregada para as análises físico químicas

foi baseada nos procedimentos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 1998). Esta sequência de análises foi seguida com o intuito de coletar dados para o cálculo dos coeficientes estequiométricos da equação geral *Anammox*, e o tempo de duração de cada batelada foi definido de acordo com a eficiência de remoção de $N-NH_4^+$. Assim, toda vez que esta concentração apresentava-se abaixo de 40 mg/L, o líquido era descartado para a introdução de um novo meio de cultivo no reator.

Tabela 1 – Duração das bateladas.

Batelada número	Duração (dias)	Período (dias)
1	3	3
2	6	6
3	8	8
4	5	5
5	4	4
6	2	2
7	5	5
8	1	1

Ao final das análises, com o objetivo de visualizar a biomassa aderida ao meio suporte, uma amostra de pedrisco foi submetida à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) efetuada no Instituto de Física da USP – São Carlos (microscópio da marca Zeiss, modelo DSM 960). O tratamento prévio recebido pela amostra

coletada seguiu a metodologia modificada por Araújo em 1995.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização do lodo retirado da lagoa de estabilização do frigorífico em questão:

Tabela 2 – Caracterização do lodo.

Parâmetros	Concentração média	Método
Sólidos Totais	31,7 mg/L	Gravimétrico
Sólidos Suspensos Totais	15,2 mg/L	Gravimétrico
DQO	500 mg/L	Colorimétrico
DBO	285 mg/L	Oximétrico
pH	6,7 mg/L	Potenciométrico
N- amoniacal	5600 mg/l	Titulométrico

Já as figuras 3, 4 e 5 mostram os resultados relacionados à remoção de N-

amoniacal, nitrato e nitrito do líquido afluente e do líquido tratado.

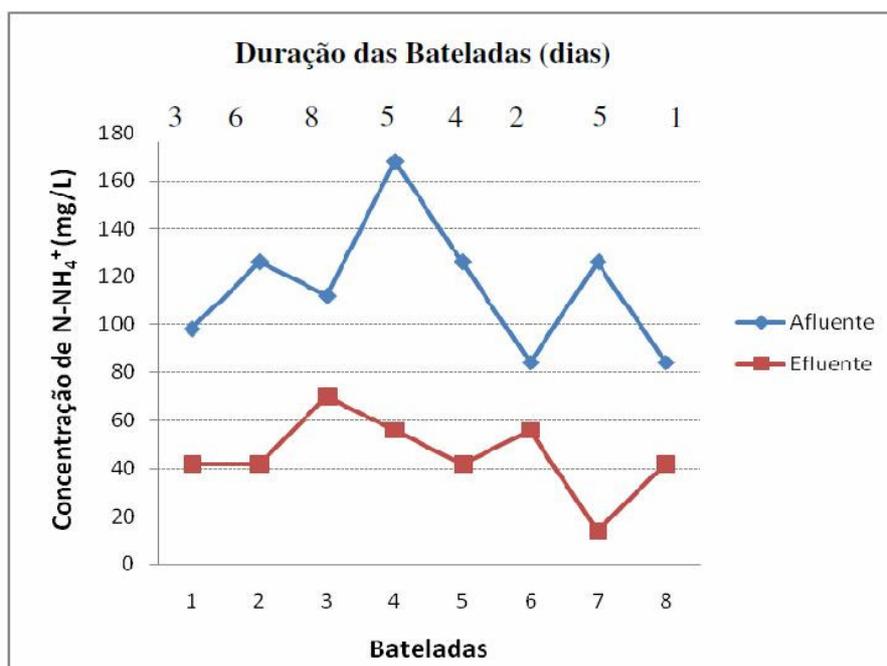


Figura 3 – Variação da concentração de nitrogênio amoniacal durante as bateladas.

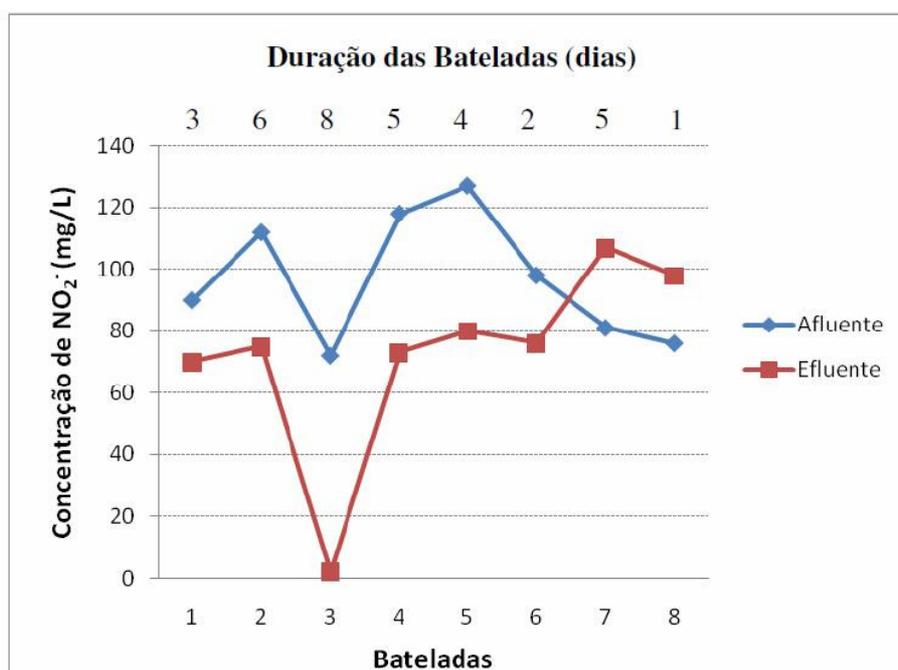


Figura 4 – Variação da concentração de nitrito durante as bateladas.

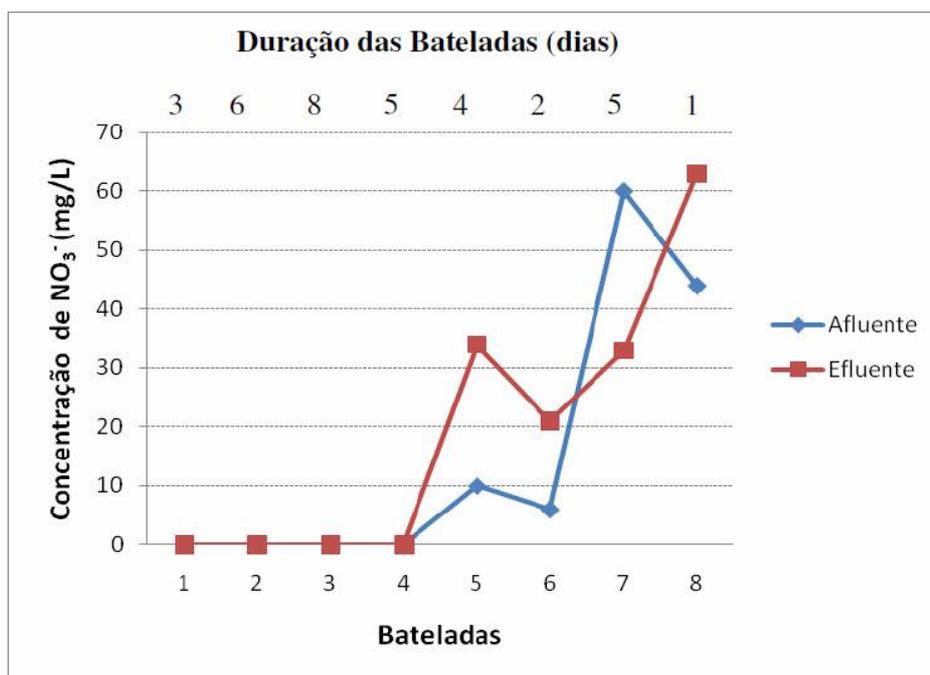


Figura 5 – Variação da concentração de nitrato durante as bateladas.

Analisando-se as Figuras 3 e 4 pode-se perceber que durante os primeiros 17 dias houve simultaneamente remoção de N-amoniacoal e NO_2^- , apontando o indicativo inicial da ocorrência do processo *Anammox*. E ainda verificou-se que em todas as bateladas houve remoção de nitrogênio amoniacoal. A presença de nitrato foi detectada a partir da quinta batelada e se manteve até o final, pois somente o líquido do tanque de armazenamento era trocado, enquanto que o volume contido no reator era mantido. Até a 7ª batelada foi descartada a

possibilidade de ocorrência de nitrificação aeróbia, porém com o aumento da concentração deste composto nas bateladas posteriores, a proporção N-amoniacoal: NO_3^- passou a deixar de acompanhar a relação estabelecida na Equação 2. O fato de a concentração de nitrato após as bateladas passar a ser maior do que a concentração de nitrato no início permite comprovar essa suposição. Com os resultados obtidos, montou-se a Tabela 3, a qual relaciona as proporções das quantidades removidas de N-amoniacoal e NO_2^- .

Tabela 3 – Valores de remoção de nitrogênio nas formas de N-amoniacal e NO_2^- .

Batelada	Remoção		Proporção
	mg NH_4^+ /L	mg N- NO_2^- /L	$\text{NH}_4^+ : \text{N-NO}_2^-$
1	56	20	1 : 0,36
2	84	37	1 : 0,44
3	42	70	1 ; 1,60
4	112	45	1 ; 0,40
5	84	47	1 ; 0,56
6	28	22	1 ; 0,78
7	112	0	*n.a.
8	42	0	*n.a.

*n.a.= Valores não aplicáveis.

Como já foi dito, e agora comprovado pela Tabela 3, os valores estequiométricos obtidos estão longe de atingir os valores postulados na equação de Strous *et al*, (1998) e Van De Graaf *et al*, (1996). O que pode ser explicado pelo curto período de tempo de enriquecimento da biomassa no reator decorrente da elevada vazão do sistema, a qual não proporcionava um tempo suficiente para o processamento das altas cargas de nitrogênio contidas na entrada e, sem dúvida, pela contaminação do meio por O_2 (constatada a partir da quinta batelada e que foi responsável pela elevação nas concentrações de nitrato, conforme apresentado na Figura 6, tornando inviável a remoção anaeróbia e facilitando a aeróbia, ou seja, a nitrificação. Martins (2007) obteve resultados satisfatórios no

emprego do processo Anammox após 276 dias de operação de um quimiostato.

Com o monitoramento do pH observou-se uma certa regularidade tanto para o afluente quanto para o efluente, os quais mantiveram-se numa faixa entre 8 e 9. No entanto, durante os dias 19 - 24 o valor do pH teve uma elevação, para um valor acima de 9; e no dia 49 uma queda brusca para valores inferiores a 7, o que provavelmente foi ocasionado pelo aumento na concentração de OD e nitrato, caracterizando a remoção aeróbia de nitrogênio amoniacal. Se tivesse ocorrido a remoção por meio dos microrganismos *Anammox*, o pH deveria se estabelecer em patamares ainda mais básicos, como mostra a Equação 2 (liberação de íons hidroxila como um dos produtos da reação).

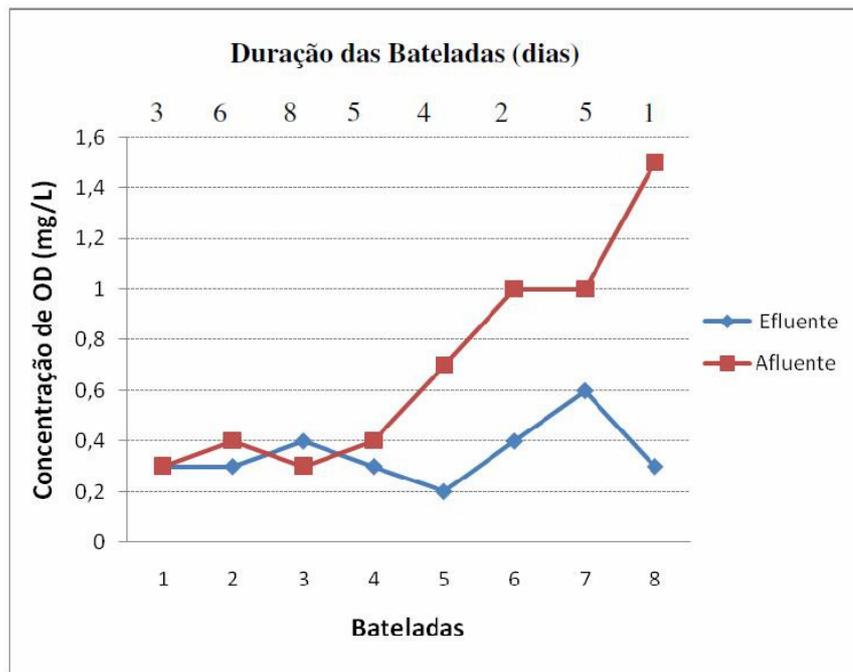


Figura 6 – Perfil do oxigênio dissolvido durante as bateladas.

O gráfico mostrado na Figura 7 sintetiza a eficiência de remoção de $N-NH_4^+$ de acordo com a realização de cada batelada e, com a concentração afluente do mesmo aplicado ao sistema.

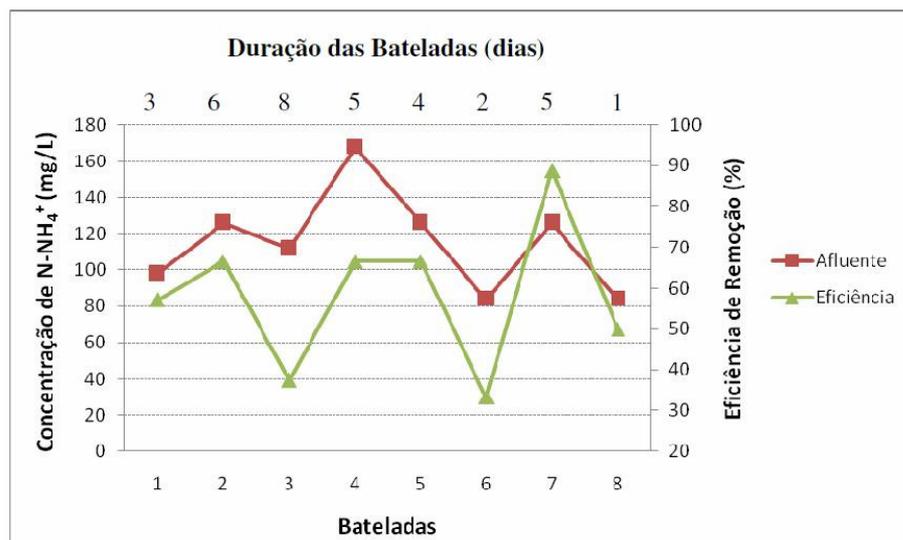


Figura 7 - Eficiência de remoção de $N-NH_4^+$ em cada batelada.

Através da Figura 7 foi observado que não houve tempo suficiente para a estabilização dos valores de remoção de N-amoniacal. Assim, o valor mínimo de remoção é igual a 33% com concentração afluyente igual a 84 mg/L e com tempo de duração da batelada de 2 dias. Já o valor máximo de remoção é o de 88% para uma concentração afluyente igual a 126 mg/L durante a batelada 7 com tempo de duração de 5 dias. Além disso, o resultado da batelada 1 mostrou-se o mais satisfatório em termos de remoção média por dia. Dessa maneira, obteve-se um valor de remoção igual a 57% para uma concentração afluyente igual a 98 mg/L e tempo de duração de 1 dia. Deve-se

ressaltar que a batelada número 8 também apresentou valores ainda mais satisfatórios em comparação com a batelada 1, no entanto, durante a mesma ocorreu a contaminação por oxigênio, não atendendo às expectativas do trabalho em questão.

Quanto à análise baseada na MEV, como mostra a Figura 8, foi notada a presença de microrganismos (isolados) com morfologia semelhante a células microbianas *Anammox* tipo cocos. A julgar pela pequena quantidade de cocos visualizada, nota-se um baixo crescimento microbiano; possivelmente pela falta de nutrientes no reator e pelo tempo de partida do reator ter sido insuficiente.

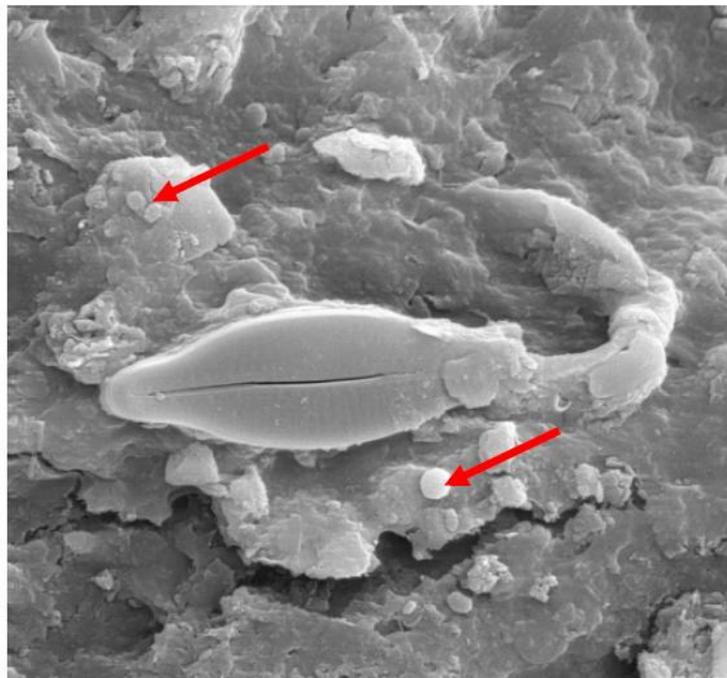


Figura 8 - Microrganismos presentes no material suporte: morfologia semelhante a células microbianas tipo cocos. Aumento: 5000x.

4. CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados obtidos durante os 60 dias de operação do reator biológico pode-se concluir que houve indicativos de remoção anaeróbia de nitrogênio amoniacal, por meio de bactérias *Anammox*, até o final da quarta batelada. Depois deste período a remoção anaeróbia foi prejudicada pelo desenvolvimento de bactérias nitrificantes no sistema, devido à contaminação do meio por OD. Outras conclusões mais específicas do trabalho são:

- A melhor remoção anaeróbia de nitrogênio amoniacal obtida foi a de 57,1% com duração da batelada de 3 dias. Logo, a remoção média foi igual a 19% por dia. A melhor remoção anaeróbia de nitrito obtida foi a de 97,2% com duração da batelada de 8 dias. Assim, a remoção média foi igual a 12,1% por dia;
- Detecção de altas concentrações de nitrato entre 30 e 60 mg/L a partir do término da quarta batelada. A melhor proporção de N-amoniacal⁺ N-NO₃⁻ obtida foi igual a 1:0,28 durante a quinta batelada;
- Através da análise de Microscopia Eletrônica, foi possível identificar bactérias com morfologia tipo cocos,

semelhantes às encontradas nas referências consultadas;

- Apesar dos baixos valores de remoção obtidos, há indicativos da viabilidade de enriquecimento de microorganismos *Anammox*, operando um reator de leito fixo e empregando um inóculo proveniente da lagoa de tratamento de efluentes de uma indústria de frigorífico;
- Recomendações para continuidade da pesquisa: diminuir a vazão de recirculação do líquido dentro do corpo do reator, criar controle mais rigoroso das concentrações de OD, diminuir a carga de nitrogênio amoniacal durante os primeiros 60 dias de operação, monitorar o crescimento da biomassa e manter maior tempo de operação do reator.

5. REFERÊNCIAS

- APHA. **Standart Methods** – For the examination of water and wastewater, 19 ed., 1995.
- ARAÚJO, J. C. **Caracterização e evolução do biofilme em reator anaeróbio de leito fluidificado alimentado com esgoto sanitário sintético**. 1995. 150p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1995.
- BRANDÃO, L. H.; DOMINGOS, P. Fatores Ambientais para a Floração de Cianobactérias Tóxicas. **Rev. Saúde & Amb. em Revista**. Duque

- de Caxias, v.1, n.2, p.40-50, dez. 2006.
- BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de maio de 2004. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 26 de maio de 2004. Disponível em: <www.portal.saude.gov.br> Acesso em: 20/03/2010.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA**. Disponível em: <www.mma.gov.br> Acesso em: 20/03/2010.
- EGLI, K.; LANGER, C.; SIEGRIST, H.R.; ZEHNDER, A.J.B. Enrichment and characterization of an Anammox bacterium from a rotating biological contactor treating ammonium-rich leachate. **Arch Microbiol.**, v.175, p. 198-207, 2001.
- GRUNDITZ, C.; GUMAELIUS L.; DALHAMMAR, G. Comparison of inhibition assays using nitrogen removing bacteria: application to industrial wastewater. **Water Research**, v. 32, n. 10, p. 2995-3000, out. 1998.
- KHIN, T. & ANNACHHATRE, A.P. Novel microbial nitrogen removal processes. **Biotechnology Advances**. V. 22. p. 519 a 532, set. 2004.
- KUIPER-GOODMAN, T.; FALCONER, I.; FITZGERALD, J. **Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. W.H.O., Bury St. Edmonds, p. 113-154, 1999.
- MARTINS, T. H. **Enriquecimento de Consórcios Microbianos em Quimiostatos sob Condições Anammox**. 2007. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, Vol.3, nº 4, p. 33-38, out/dez 2002.
- PHILIPS, A. M. L. **Utilização de Reator de Biodiscos para Tratamento de Efluentes com Altas Concentrações de Nitrogênio**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- SCHIERHOLT NETO, G. F. **Desenvolvimento de Uma Flora de Microrganismos Oxidadores Anaeróbios de Amônia Utilizando Inóculos Provenientes de Dejeito de Suíno**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- STROUS, M.; FUERST, J.; KRAMER, E.; LOGEMANN, S.; MUYZER, G.; VAN DE PAS, K.; WEBB, R.; KUENE, J.; JETTEN, M.S.M. Missing lithotroph identified as new planctomycete. **Nature**. vol 400. p. 446 a 449, jun 1999.
- TARTAKOVSKY, B.; LOTLAR, E.; SHEINTUCH, M. Coupled nitrificationdenitrification processes in a mixed culture of coimmobilized cells: analysis and experiment. **Chemical Engineering Science**, v. 51, n. 10, p. 2327-2336, mai 1996.
- VAN DE GRAAF, A.A.; BRUIJN, P.; ROBERTSON, L.A.; JETTEN M.S.M.; KUENEN, J.G. Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro organisms in a fluidized bed reactor. **Microbiology**. vol 142. p. 2187 a 2196.