



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

ESTUDO DO DESEMPENHO DE UM REATOR AERÓBIO OPERANDO EM BATELADAS SEQUENCIAIS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

Gean Carlos Postingel Garcia¹; Rafael Brito de Moura²; LÊNIN DE MATOS SILVA³;
Francisco Javier Cuba Terán⁴

RESUMO

Um reator aeróbio em escala piloto foi construído e operado em bateladas sequenciais e com aeração intermitente no Laboratório de Tratamento de Efluentes da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unesp em Presidente Prudente. O intuito do estudo foi o de otimizar o desempenho da unidade em termos de remoção de matéria orgânica e nitrogênio aplicando diferentes tempos de aeração. No estudo de bateladas de 12 e 14 horas de duração total, com 6 e 8 horas de aeração, mais de 96 % da matéria orgânica, na forma de demanda química de oxigênio (DQO), foi removida até a terceira hora em ambos os casos, ao passo que a nitrificação mostrou uma remoção de 50 e 55% ao final de cada ciclo. Mesmo existindo remoção de nitrato, a desnitrificação nesse tipo de sistema merece ser melhor estudada de forma a obter dados relacionados com o tempo de ciclo mais adequado para a remoção de ambos poluentes.

Palavras-chave: bateladas sequenciais, tratamento aeróbio, efluentes industriais.

STUDY OF A SEQUENCING BATCH REACTOR PERFORMANCE IN SOFT DRINK WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

A sequencing batch aerobic reactor in pilot scale was constructed and operated with intermittent aeration in Wastewater Treatment Lab of Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unesp at Presidente Prudente city. Research was conducted in order to improve reactor's performance in organic matter and nitrogen removal by means of the application of different aeration times. In 12 and 14 hours long batch tests, with 6 and 8 hours of aeration, more than 96% of organic matter was removed by the third hour in both cases, in the other hand, nitrification showed 50 and 55% of removal at the end of every cycle. Tough showing nitrate removal, denitrification requires more research to be done in order to obtain more accurate data related with best cycle time for both pollutants removal.

Key-words: sequencing batches, aerobic treatment, industrial wastewater.

Trabalho recebido em 23/03/2009 e aceito para publicação em 19/04/2009.

¹ Engenheiro ambiental pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp em Presidente Prudente SP, geancpg@gmail.com;

² Engenheiro ambiental pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp em Presidente Prudente SP, bazola_ea@hotmail.com;

³ Aluno do curso de Engenharia Ambiental da Unesp em Presidente Prudente SP, leninmatos@gmail.com;

⁴ Doutor em Hidráulica e Saneamento, professor da Unesp em Presidente Prudente. Departamento de Física, Química e Biologia. Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900 Presidente Prudente SP. fteran@fct.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

O comprometimento da qualidade dos corpos de água é decorrente da poluição causada por diferentes fontes, tais como o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais com pouco ou nenhum tratamento, além do deflúvio superficial urbano e agrícola.

Como a água doce é um recurso que não pode ser aumentado na natureza e a sua demanda sofre um aumento expressivo com o crescimento da população e dos meios de produção, é de vital importância ter consciência da necessidade de um gerenciamento racional dos recursos hídricos disponíveis. Faz parte desse gerenciamento a disposição de despejos líquidos tratados até um nível que permita preservar a qualidade do corpo receptor.

Entre os processos utilizados para o tratamento de efluentes industriais estão os descontínuos (processos em batelada) que têm se revelado altamente eficazes no processo de tratamento biológico de águas residuárias. Alta velocidade, bom controle de volume e remoção de nutrientes são alcançados nesse tipo de processo de tratamento de água (DIONISI et al., 2001).

O reator seqüencial por batelada (RSB) é uma modificação do sistema de lodos ativados convencional, em que as diferentes etapas de tratamento ocorrem dentro de um mesmo tanque (MESQUITA

et al., 2006). Diferentemente do processo contínuo, o RSB é formado essencialmente, por um reator biológico que funciona também como decantador secundário. Com isso, esses processos e operações passam a ser simplesmente seqüências no tempo, e não unidades separadas como ocorre nos processos convencionais de fluxo contínuo (VON SPERLING, 2002).

A estabilização e a remoção da matéria orgânica, assim como a coagulação de sólidos coloidais não sedimentáveis, são realizadas biologicamente por microrganismos, principalmente por bactérias. Os microrganismos convertem a matéria orgânica carbonácea dissolvida e particulada em vários gases e tecido celular. Como o tecido celular tem um peso específico ligeiramente maior do que o da água, esta pode ser removida da massa líquida por sedimentação (OGERA, 1995).

Outro fato importante é que, operando em bateladas seqüenciais, esse sistema tem a capacidade de remover outros tipos de nutrientes como nitrogênio e fósforo, fator que sistemas anaeróbios, por exemplo, não apresentam.

A remoção biológica de nitrogênio pode ser conseguida através dos processos de nitrificação e desnitrificação, sendo o N-amoniaco (NH_3 e NH_4^+) oxidado, sob condições aeróbias (nitrificação), a nitrito e

seqüencialmente a nitrato, que é subsequente reduzido a gás nitrogênio (N₂) sob condições anóxicas (desnitrificação). Essas condições podem ser atingidas em seqüência espacial ou temporal das fases anaeróbia, anóxica e aeróbia (IAMAMOTO, 2006).

A necessidade de nitrificação e desnitrificação no tratamento de águas residuárias decorre do deterioro da qualidade das águas, decorrente do efeito da amônia sobre o corpo receptor com relação ao consumo de oxigênio dissolvido, a toxicidade à vida aquática e a eutrofização, entre outras (METCALF & EDDY, 2003).

Portanto, foi construído e operado um reator aeróbio operando em bateladas seqüenciais e com aeração intermitente, visando otimizar o seu desempenho na remoção de matéria orgânica e nitrogênio presentes no efluente industrial de uma fábrica de refrigerantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do Reator Seqüencial por Batelada

O sistema era composto por um reservatório (reator), constituído por um compartimento com base quadrada, construído em vidro, com lado igual a 0,4 m e altura total igual a 0,5 m, contando com um volume útil de aproximadamente

48 litros, onde era introduzido o efluente bruto homogeneizado. Esse reator estava provido de difusores alimentados por um soprador de ar cuja vazão é suficiente para atender às necessidades da biomassa aeróbia, para a remoção de matéria orgânica e nitrificação. Ao mesmo tempo, o ar difuso do reator permitia a mistura completa do líquido durante a fase de reação. O sistema também possuía um agitador mecânico de eixo vertical que permite a mistura da biomassa na etapa em que o compressor se encontrava desligado.

A Figura 1 mostra o sistema de tratamento completo.

A coleta do líquido a ser tratado (efluente industrial) foi realizada a partir da entrada na estação de tratamento da indústria de refrigerantes. Dois reservatórios de 30 litros foram utilizados para o transporte do efluente até o laboratório, onde ficou armazenado até o momento em que era introduzido no reator.

2.2. Operação do Sistema

Durante a partida do reator, foram inoculados 5 litros de lodo anaeróbio proveniente do reator UASB da própria indústria de refrigerante. A fase de aclimação ao novo ambiente visou o crescimento de bactérias aeróbias que não estavam presentes em número importante no lodo anaeróbio introduzido no reator.



Figura 1. Esquema do reator no final da etapa de enchimento utilizando água como efluente.

Essa fase durou aproximadamente dois meses.

Com o lodo já aclimatado, iniciou-se a operação normal do reator. O enchimento foi realizado manualmente a partir dos tanques de armazenamento do efluente, colocados a uma altura que permitiu a descarga do líquido por gravidade. O efluente teve seu pH corrigido com ácido clorídrico e foi mantido entre 6,5 e 7,5. Além disso, devido à ausência de nitrogênio na composição do despejo bruto, foi adicionado sulfato de amônia de modo que o afluente obtivesse uma concentração de $100 \text{ mg (L de N-NH}_4\text{)}^{-1}$.

Após o enchimento, dava-se início à fase de reação por meio da introdução de ar proveniente do soprador. A operação do reator incluía tempos de ciclo em que a

aeração variava entre 6 a 8 horas ao passo que os tempos de agitação em meio anóxico e de sedimentação foram mantidos constantes e iguais a 3 horas cada um.

A fase anóxica foi introduzida no ciclo de operação com o objetivo de promover a desnitrificação do nitrogênio adicionado.

Após a sedimentação do material em suspensão, a retirada do sobrenadante tratado era realizada a partir da superfície do reator por meio de mangueira flexível.

Antes de iniciar cada ciclo de operação, 30 L de lodo eram deixados no fundo do reator de modo a deixar presente a cultura de bactérias aclimatadas para a próxima batelada. O volume de despejo bruto admitido no reator era igual a 20 L.

2.3. Monitoramento

Com a finalidade de estudar o comportamento da biomassa ao longo do tempo de ciclo, perfis de remoção de poluentes foram efetuados com frequência horária. As amostras eram coletadas a partir da superfície do reator e submetidas a centrifugação a 3500 rpm por 10 min com o objetivo de separar a fase sólida.

Com o efluente clarificado eram feitas análises físico-químicas de forma a verificar a qualidade em relação aos seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido, temperatura, DQO (Demanda Química de Oxigênio), nitrogênio amoniacal e nitrato.

As amostras foram analisadas em triplicata. A metodologia para as análises físico-químicas foi baseada nos procedimentos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 20 ed.1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente bruto apresentava uma concentração de oxigênio dissolvido de aproximadamente $0,2 \text{ mg L}^{-1}$. Quando iniciado o processo de aeração, essa concentração aumentou e atingiu uma média de $7,5 \text{ mg L}^{-1}$, mantendo-se constante até o final dessa fase. Após a etapa de aeração, já na fase de agitação, a concentração de oxigênio dissolvido (OD)

se manteve abaixo de $0,4 \text{ mg L}^{-1}$, o que indica o consumo do oxigênio dissolvido da etapa anterior pelas bactérias. A Figura 2 mostra o perfil de oxigênio dissolvido em relação ao tempo do ciclo de 8 horas de aeração, nota-se que a partir da 8ª hora, a concentração de OD cai bruscamente, mostrando o consumo de oxigênio no processo aeróbio de remoção de matéria orgânica e de nitrificação.

A variação dos valores de pH obtidos durante o ciclo, caracterizado por um período de aeração de 8 horas, está descrita na Figura 3. Tal variação está dentro da faixa considerada ótima para as bactérias em relação a degradação da matéria orgânica, nitrificação e desnitrificação do efluente. Para o ciclo de 6 horas de aeração contínua, o valor observado para a DQO no afluente bruto foi em torno de 750 mg L^{-1} . Após a primeira hora de aeração do ciclo esse valor caiu para $97,61 \text{ mg L}^{-1}$, alcançando uma eficiência no tratamento de 87,07%. Todos os valores e percentuais de remoção da matéria orgânica em relação à DQO são mostrados na Figura 4. O ponto em vermelho representa o valor para DQO encontrado no afluente bruto e a reta azul apresenta a remoção da DQO ao longo do ciclo. A reta verde traz a evolução da eficiência de remoção. Nota-se que o melhor valor encontrado foi após 4 horas de aeração, obtendo uma remoção superior a 92%.

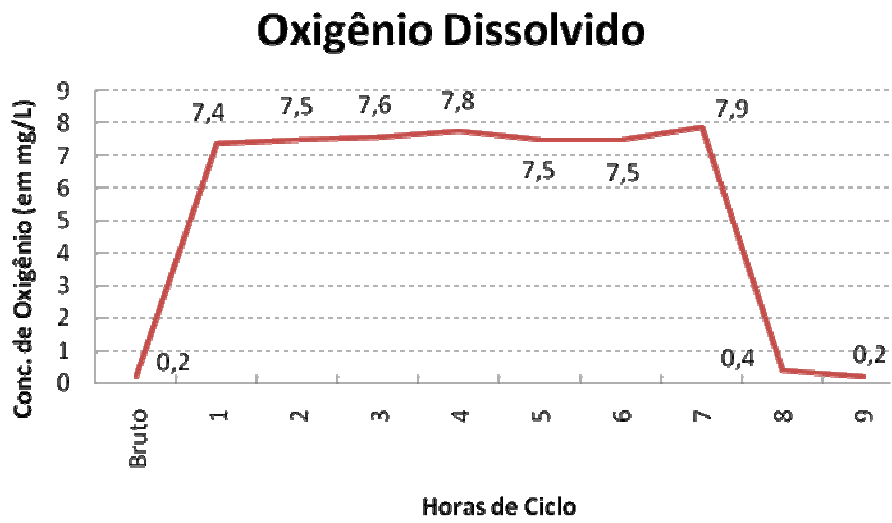


Figura 2. Concentração de oxigênio dissolvido ao longo do ciclo de 8 horas de aeração.

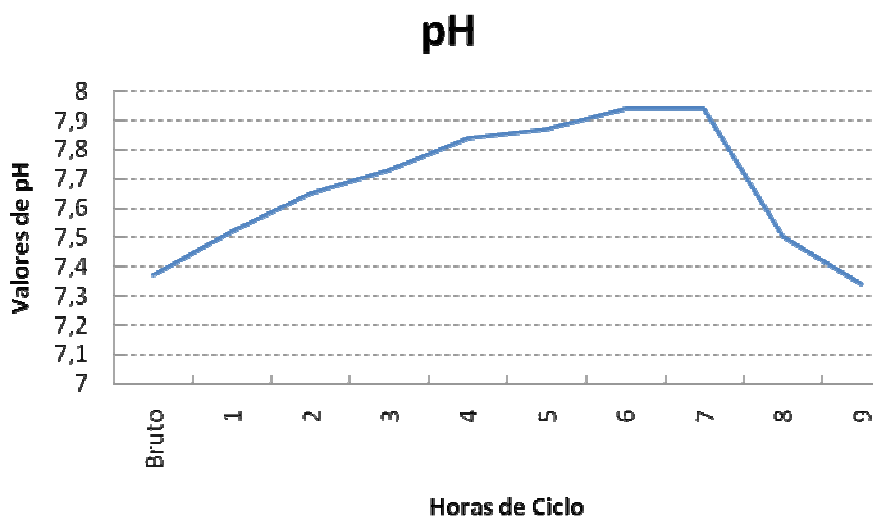


Figura 3. Valores de pH para o ciclo de 8 horas de aeração.

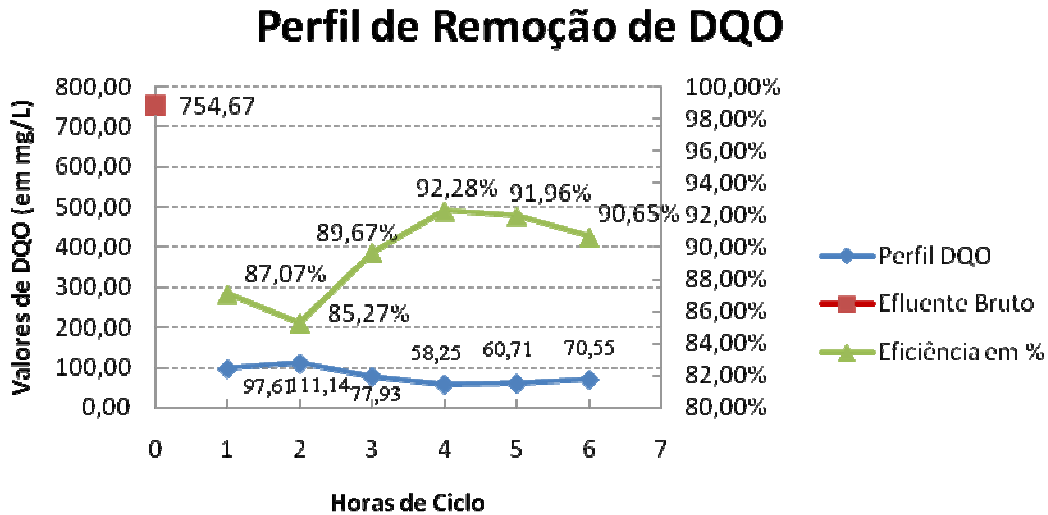


Figura 4. Análise de remoção e eficiência da matéria orgânica para o ciclo de 6 horas.

A Figura 5 traz os valores encontrados para a DQO e sua remoção em porcentagem no ciclo de 8 horas de aeração. Assim como no ciclo anterior, a eficiência de remoção mostrou-se alta para este, sendo a DQO afluente observada de 2305,88 mg L⁻¹, três vezes superior ao efluente utilizado para o ciclo de 6 horas, por isso a eficiência de remoção foi, em média, ligeiramente superior no ciclo de 8 horas.

Mudanças dessa magnitude nos diferentes parâmetros monitorados caracterizam o fato de o despejo ser proveniente de um processo industrial onde as características quantitativas do líquido são muito variáveis ao longo do dia.

A maior eficiência de remoção da matéria orgânica para este ciclo foi obtida após a 3^a hora e a 7^a hora de aeração, girando em torno de 96%.

Segundo Metcalf & Eddy (2003) o decaimento na eficiência de remoção encontrado nos dois ciclos durante a aeração pode ser explicado pela respiração endógena, pois com a escassez de matéria orgânica, as bactérias provocam a autodigestão como fonte externa de energia. Analisando a remoção de nitrogênio amoniacal, tem-se uma eficiência em torno de 50% de remoção em relação à amônia encontrada no afluente bruto e na amostra aferida ao final de cada ciclo. A Figura 6 mostra o percentual de remoção da amônia ao longo do tempo para cada ciclo.

Nitrificação é o termo usado para descrever dois processos biológicos em que a amônia (N-NH₄) é oxidada para nitrito (N-NO₂) e nitrito é oxidado para nitrato (N-NO₃) (METCALF & EDDY, 2003).

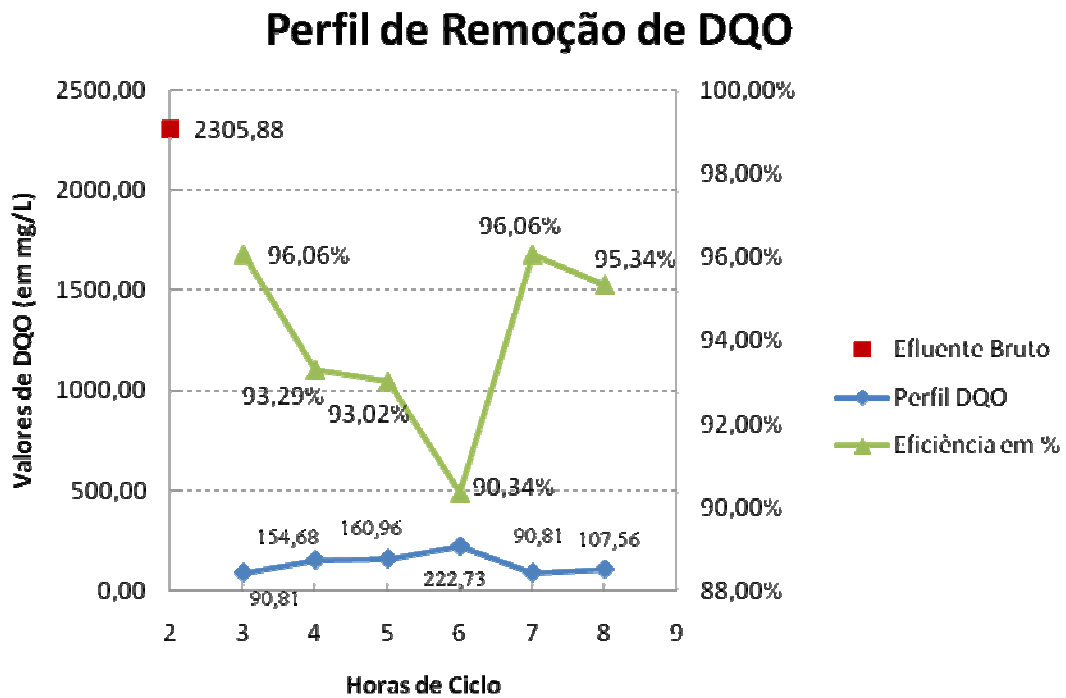


Figura 5. Análise de remoção e eficiência da matéria orgânica para o ciclo de 8 horas.

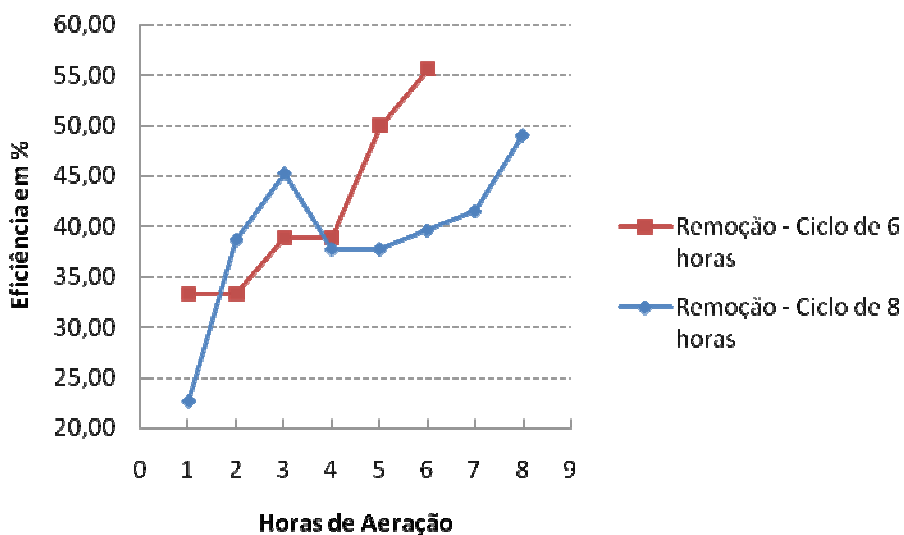


Figura 6. Eficiência de remoção de amônia em cada ciclo.

Para monitorar a realização da nitrificação e desnitrificação pelas bactérias, foi analisada também a concentração de nitrato ao longo do tempo de aeração, os resultados obtidos estão ilustrados na Figura 7.

É possível observar que para os dois ciclos, há comportamentos semelhantes em relação aos valores de nitrato obtidos. Para o ciclo de 6 horas, a concentração inicial foi de 4 mg L⁻¹ e para o ciclo de 8 horas de aeração, a concentração inicial foi em torno de 9 mg L⁻¹.

Depois da entrada de substrato no reator, o nitrato se dilui ao misturar-se com o volume de lodo remanescente no fundo do reator aeróbio, diminuindo sua concentração. A concentração permanece nesse valor até aumentar por ocasião do final da nitrificação, por volta das sexta e oitava horas de operação nos ciclos estudados, em que mostra uma tendência a aumentar.

Na Figura 8 é possível observar a diminuição da concentração de nitrogênio existente no reator. A amônia saiu de 74,2 mg L⁻¹ para 37 mg L⁻¹, removendo cerca de 50% do total. A concentração de nitrato passou de 9,2 mg L⁻¹ no efluente bruto para 5,0 mg L⁻¹ na 7ª hora do ciclo, removendo 45% do total de nitrato.

Por se tratar de um período aeróbio, onde a concentração de O₂ dissolvido

estava em torno de 7,0 mg L⁻¹, as condições para ocorrer a desnitrificação, convertendo o nitrato a nitrogênio gasoso não foram ideais. Iamamoto (2006) mostra em seu estudo que durante o período aeróbio, com concentrações de OD entre 4 e 6 mg L⁻¹, não ocorreu a desnitrificação completa do nitrato explicado pela pequena extensão do período anóxico e a quantidade de fontes de carbono não suficientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou-se eficiente para a remoção de matéria orgânica quantificada em relação à DQO, com eficiências de remoções superiores a 85% em todas as análises, reduzindo o potencial poluidor já nas primeiras horas de reação, limitando as fontes de carbono e energia para as bactérias posteriormente. Em ambos os ciclos de operação, a melhor eficiência de remoção foi alcançada na terceira hora de aeração.

A remoção de nitrogênio amoniacal estabelecida em torno de 50% pode ser explicada devido à elevada concentração inicial que era adicionada ao afluente bruto, em média 100 mg L⁻¹, pois com o pouco volume de efluente tratado, havia excesso de fontes nitrogenadas presentes.

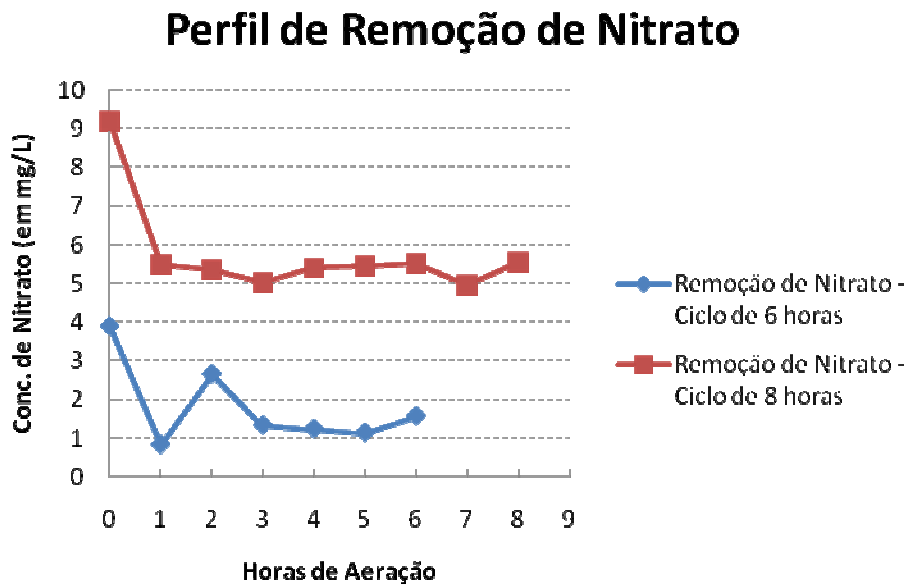


Figura 7. Eficiência de remoção de nitrato em cada ciclo.

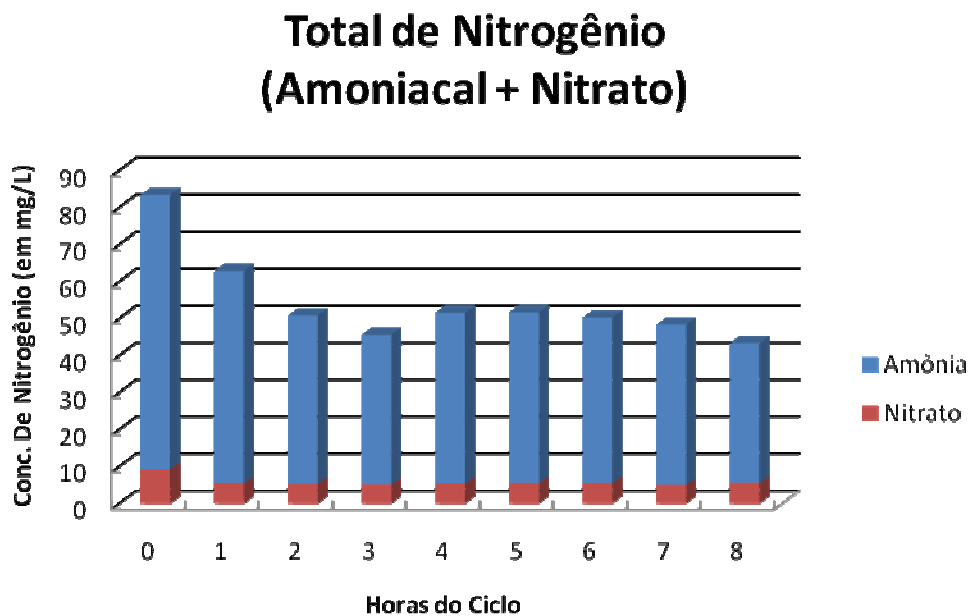


Figura 8. Concentração de nitrogênio durante o ciclo.

O aumento do tempo de aeração, que segundo a tendência das curvas poderia ter melhorado a eficiência do sistema quanto a remoção desse poluente, teria como consequência a aplicação de tempos de ciclo de maior duração e também a menor presença de matéria orgânica disponível como fonte de carbono para as bactérias desnitrificantes.

Dessa forma, a remoção de nitrogênio mostrou-se como a etapa limitante para definir a duração do período de aeração e consequentemente o tempo total do ciclo.

Para a desnitrificação do nitrato a nitrogênio gasoso maiores estudos devem ser realizados a fim de verificar os fatores limitantes deste processo. Com a diminuição do tempo de aeração e o aumento da fase anóxica poderiam ser obtidos melhores resultados quanto a remoção deste parâmetro.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp – FUNDUNESP pelo financiamento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20ª edição. Washington, D.C. APHA. 1998.
- DIONISI, D. et al. Sequencing Batch Reactor: Influence of Periodic Operation on Performance of Activated Sludges in Biological Wastewater Treatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**. nº 40, 2001, p. 5110-5119.
- IAMAMOTO, C. Y. **Remoção de Nitrogênio de Águas Residuárias com Elevada Concentração de Nitrogênio Amoniacal em Reator Contendo Biomassa em Suspensão Operado em Batelada Sequenciais e Sob Aeração Intermitente**. 2006. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo.
- MESQUITA, D. P.; COELHO, M. A. Z.; FERREIRA, E. C. Efeito do sal no Desempenho de um Reator Batelada Sequencial. XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Santos – SP. 2006.
- METCALF e EDDY. **Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse**. 4th Edition. New York: McGraw - Hill, International Editions, 2003.
- VON SPERLING, M. **Lodos Ativado**. Vol. 4. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFMG. 2002.
- OGERA, R. C. **Remoção de Nitrogênio do Esgoto Sanitário pelo Processo de Lodo Ativado por Batelada**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp.