



II-389 - APLICAÇÃO DE SISTEMAS INTEGRADOS COM REATORES HÍBRIDOS, ANAERÓBIO E AERÓBIO, PARA A REMOÇÃO SIMULTÂNEA DE CARBONO E NITROGÊNIO

Maurício Pimenta Cavalcanti⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Jaqueline Cabral Lopes

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Savia Gavazza

Professora Adjunta do Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, UFPE

Mario Takayuki Kato

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Saneamento Ambiental. Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE

Lourdinha Florencio

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Saneamento Ambiental. Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE. Avenida Acadêmico Helio Ramos, S/N, Cidade Universitária. Recife, PE. CEP: 50740-530. Tel: (81) 2126-8228 – Fax: (81) 2126-8716. Email: maupimenta@hotmail.com, flor@ufpe.br.

RESUMO

As águas residuárias domésticas são ricas em matéria orgânica e nutrientes que devem ser removidos antes de seu lançamento nos corpos d'água receptores. Nesse sentido, o presente trabalho avaliou o comportamento de um sistema compacto, de simples operação e de baixos custos de operação e manutenção, projetado para promover a remoção simultânea de matéria orgânica e de nitrogênio presentes nos esgotos domésticos. O sistema foi composto de dois reatores sequenciais, o primeiro, composto de um reator híbrido anaeróbio (UASB + filtro anaeróbio), o segundo foi composto de um reator híbrido aeróbio de biomassa suspensa e aderida. Para promover a nitrificação taxas de 0, 50% e 100% de recirculação foram impostas ao sistema. Também foi avaliada a diferença no tempo de detenção hidráulico na nitrificação. Os resultados revelam que é possível alcançar uma eficiência de remoção de DQO de até 90% e com concentrações médias de amônia inferiores a 20 mgN/L.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgotos, sistemas biológicos, remoção de nitrogênio, remoção de carbono, reatores híbridos.

INTRODUÇÃO

É sabido que a disposição de efluentes, domésticos ou industriais, sem tratamento em corpos hídricos é um dos principais motivos para que estes fiquem impróprios para a realização dos mais diversos fins. Em estudo recente (IBGE, 2002), constatou-se que somente cerca de 25% dos esgotos brasileiros recebem tratamento e apenas 20% recebem o tratamento adequado.

A disposição dos efluentes não tratados faz com que a concentração de nutrientes aumente consideravelmente nos corpos d'água receptor. O nitrogênio, junto com o fósforo, é um dos principais fatores para a eutrofização das águas, com a conseqüente proliferação excessiva de algas e macrófitas aquáticas.

Muitos sistemas que utilizam reatores biológicos vêm sendo empregados para a eliminação do nitrogênio em efluentes. Nesses processos, o nitrogênio amoniacal é levado a nitrato pela ação das bactérias nitrificantes, principalmente pelas nitrossomonas e nitrobacter. Dando prosseguimento ao processo, o nitrato é reduzido a

nitrogênio molecular (N_2), desnitrificação, através da ação das bactérias desnitrificantes. Para isso, é necessário a presença de matéria orgânica como fonte de carbono e energia.

Diversos tipos de configurações de reatores foram aplicados para a remoção simultânea de carbono e nitrogênio presentes nos esgotos domésticos. Costa et. al (2005) aplicaram um reator de lodo ativado sequencial em batelada, cujos resultados mostraram uma eficiência de remoção de DQO de nitrificação e de desnitrificação entre 77% a 89%, 85,9 % a 99.9% e 27,7% a 86%, respectivamente. Koetz et. al (2005) utilizaram um reator UASB seguido por um reator de lodos ativados. Com essa configuração obteve-se uma remoção de DQO e de nitrogênio de 96.9% e de 91.4% respectivamente.

Nesse trabalho propõe-se o desenvolvimento de um reator em escala piloto, compacto híbrido (UASB/ filtro aeróbio), de simples operação e baixos custos de operação e manutenção, que capaz de realizar a remoção simultânea de carbono e nitrogênio de efluentes domésticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Reatores - Foram utilizados dois conjuntos piloto compostos cada um de dois reatores híbridos (Figura1). O primeiro reator era um reator híbrido anaeróbio (Ana1), UASB+ filtro anaeróbio e o segundo um reator híbrido aeróbio (Ae1), lodo ativado + filtro aeróbio. No primeiro conjunto ambos os reatores tinham um TDH de 8 horas. No segundo conjunto, o reator anaeróbio (Ana2) também tinha também um TDH de 8 horas, mas o reator aeróbio (Ae2) era menor (215 L) que resultou num TDH de 4 horas. A vazão para cada conjunto era de 0,055 m³/h. Todos os reatores foram construídos em fibra de vidro e o meio suporte dos filtros biológicos foi constituído por anéis de conduítes de 25 mm de diâmetro por 25 mm de comprimento. Para proporcionar a desnitrificação, houve recirculação do efluente do reator aeróbio para o anaeróbio. O experimento foi dividido em 3 fases de acordo com a taxa de recirculação do efluente: Fase 1 sem recirculação; Fase 2 – recirculação de 50% do efluente; Fase 3- recirculação de 100% do efluente. Todas as fases foram executadas em ambos os conjuntos. A concentração de oxigênio dissolvido aplicada nos reatores aeróbios ficou entre 2 e 4 mgO₂/L.

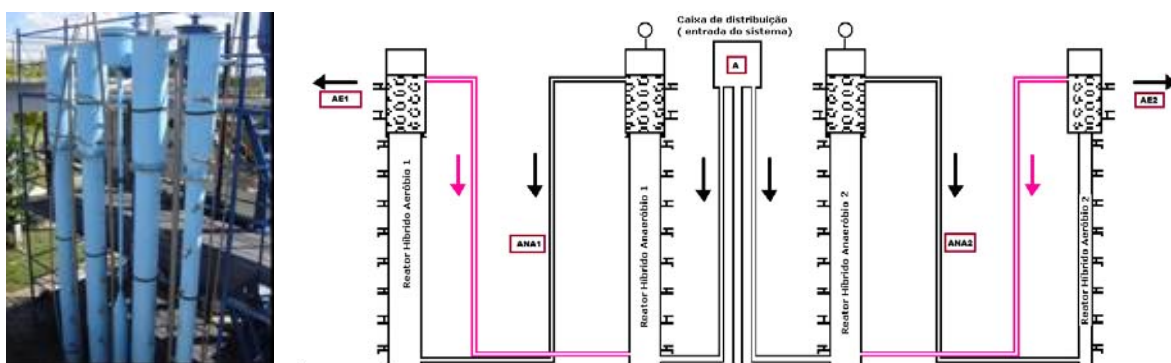


Figura 1 - Reatores pilotos e esquema dos reatores com os pontos de amostragem

Monitoramento - foram realizadas, em todos os reatores dos dois conjuntos, medições diárias *in situ* de temperatura e pH, biogás no reator anaeróbio e OD no reator aeróbio, e no laboratório foram analisadas DBO e DQO brutas e filtradas estas com filtro de 1,2 µm, seguindo os procedimentos do Standard Methods (APHA, 1995). Adicionalmente, foram determinados: nitrato, nitrito, nitrogênio orgânico e amoniacal, fósforo total, fosfato e sulfato com o método FIA (análise em fluxo)/colorimétrico. Para helmintos totais foi aplicado o método Bailenger modificado (CHERNICHARO, 2001); viabilidade com a técnica de inclusão e exclusão por corantes biológicos; SSV com membrana de 0,45 µm, após centrifugação prévia.

RESULTADOS

1ª Fase

Após a partida dos reatores aeróbios, não houve mudanças significativas nas condições de pH e temperatura dos reatores, em torno de 7 e 26°C respectivamente. As concentrações de OD nos reatores aeróbios é próxima de 4 mg/L. Já para a DQO final, a do conjunto 2 variou de 40 a 140 mg/L enquanto que no conjunto 1 essa variação foi inferior e ficou entre 20 e 100 mg/L.

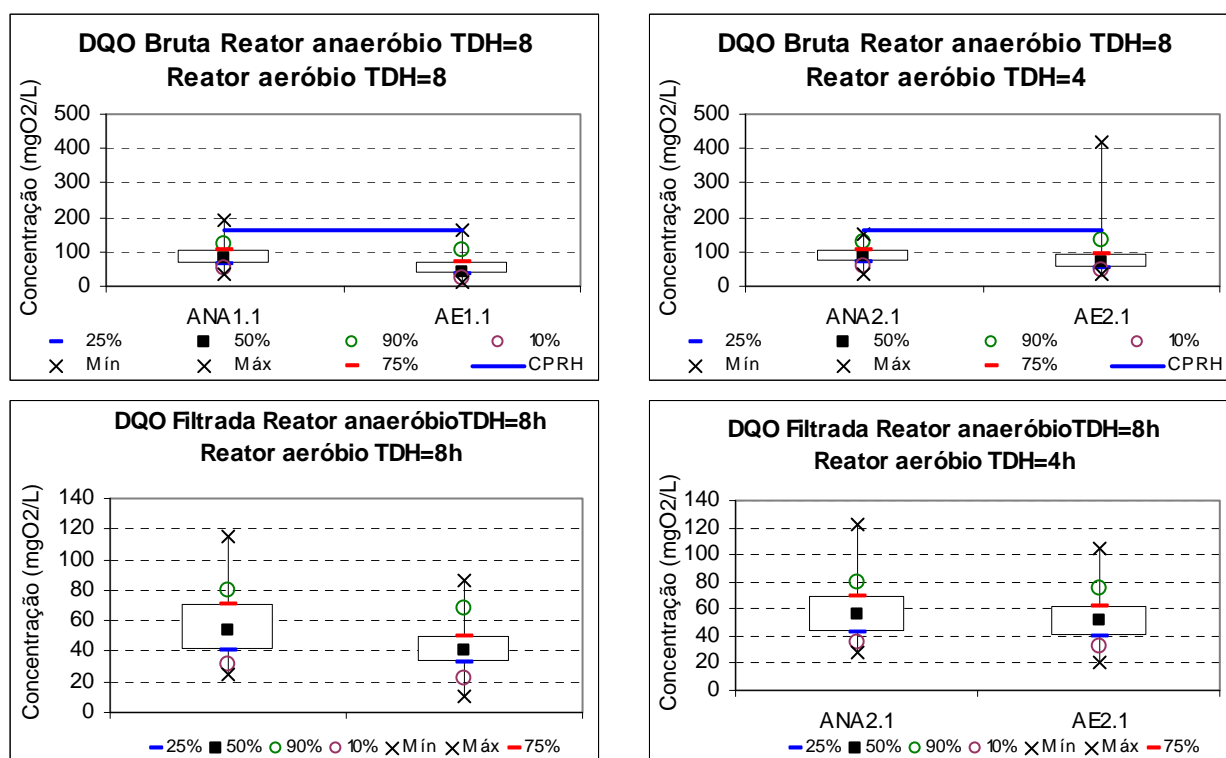


Figura 2 – DQO Bruta e filtrada fase 1 (sem recirculação)

Apesar dessa diferença ambos os conjuntos apresentam ótimos resultados para a remoção de DQO, com 90% dos dados com concentração abaixo de 100 mg/L, mesmo quando os respectivos biofilmes ainda não estavam formados completamente. As eficiências foram semelhantes, em torno de 80-90% em ambos os conjuntos. Em relação aos sólidos pode-se notar na Figura 3 que todos os reatores obtiveram em seus respectivos efluentes médias abaixo de 30 mg/L.

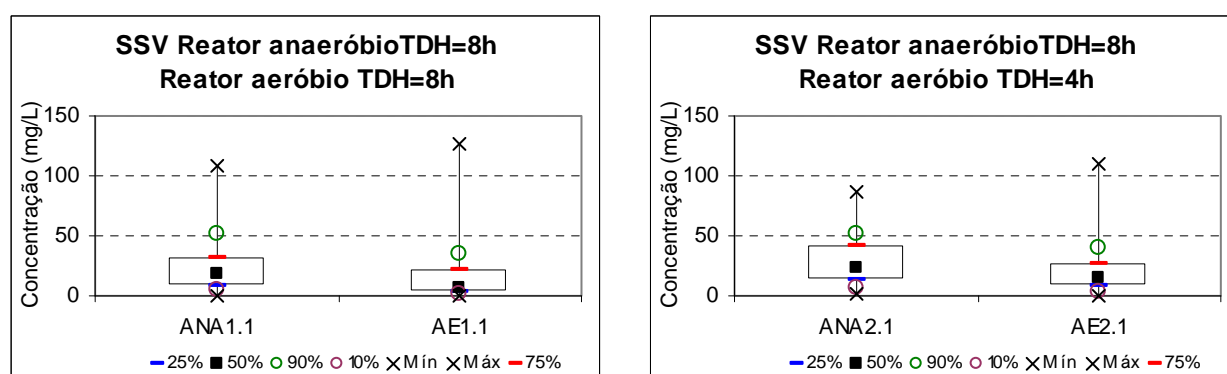


Figura 3 – SSV fase 1 (sem recirculação)

A Figura 4 ilustra os resultados de NTK e amônia para ambos os conjuntos, sem a aplicação de recirculação. Em 90 % dos resultados, o Conjunto 1 apresentou valores de amônia e NTK de 20 mg/L e 35 mg/L respectivamente. Já o Conjunto 2 a grande maioria dos valores de amônia estão com concentração acima de 20 mg/L. Vale destacar que nesse conjunto, o reator aeróbio possui um TDH de 4 horas, cuja velocidade ascensionar ser maior neste, aproximadamente 1,7 m/h, o que pode ter dificultado a retenção da biomassa nitrificante.

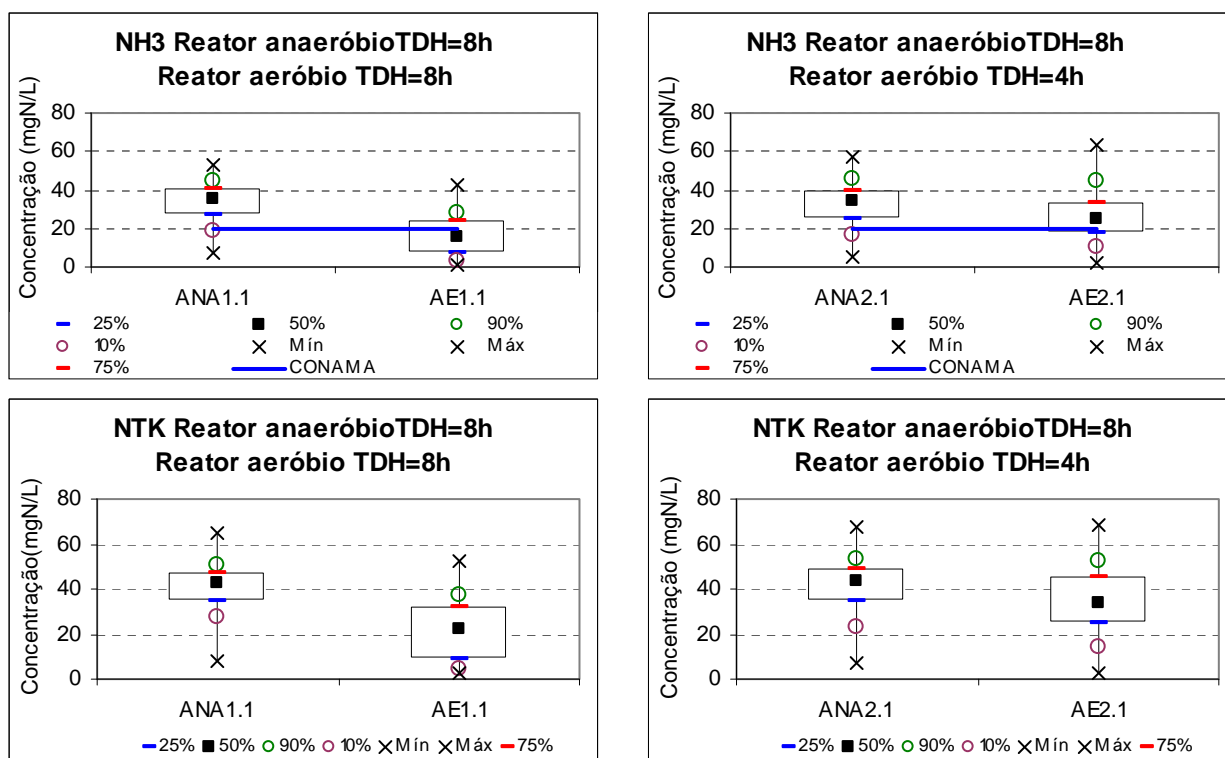


Figura 4 – Amônia e NTK na 1ª fase (sem recirculação)

Para a concentração de ovos de helmintos todos os reatores, ambos os conjuntos apresentaram uma concentração menor que 1 ovo de helminto por litro, indicando que os filtros biológicos na parte superior dos reatores foram eficientes na sua retenção.

2ª Fase

Na segunda fase do experimento foi aplicada uma taxa de recircular de 50% da vazão afluente. Essa recirculação foi realizada através do uso de bombas dosadoras. Para o Conjunto 2, a velocidade ascensional nas partes sem meio suporte do reator aeróbio (Ae2) chegou a 2,4 m/h. Em comparação a primeira fase (sem recirculação) houve um acréscimo na concentração de SSV, valores médios, (Figura 5) no efluente dos reatores aeróbios de 15 para 28 mg/L e de 18 para 35 mg/L no Ae1 e Ae2, respectivamente. Vale destacar que em alguns estados brasileiros a concentração máxima de SSV para o lançamento de efluente é de 30 mg/L. Em comparação com a fase anterior (sem recirculação), as concentrações efluentes dos reatores anaeróbio de DQO brutas e filtradas foram 10% superiores, provavelmente resultantes do aumento da velocidade ascensional, que reduziu o tempo de contato entre biomassa e o esgoto dentro dos reatores.

Já para os reatores aeróbios, as concentrações efluentes de DQO brutas (Figura 7) aumentaram, em comparação a primeira fase (sem recirculação), 55 para 74 e de 84 para 104 mg/L no Ae1 e Ae2, respectivamente. Entretanto, as concentrações das DQO filtradas praticamente não foram alteradas entre as fases 1 e 2, e ficaram em torno de 50 mg/L (Figura 3) em ambos os conjuntos, indicando que o aumento da DQO bruta está relacionado ao aumento de SSV no efluente.

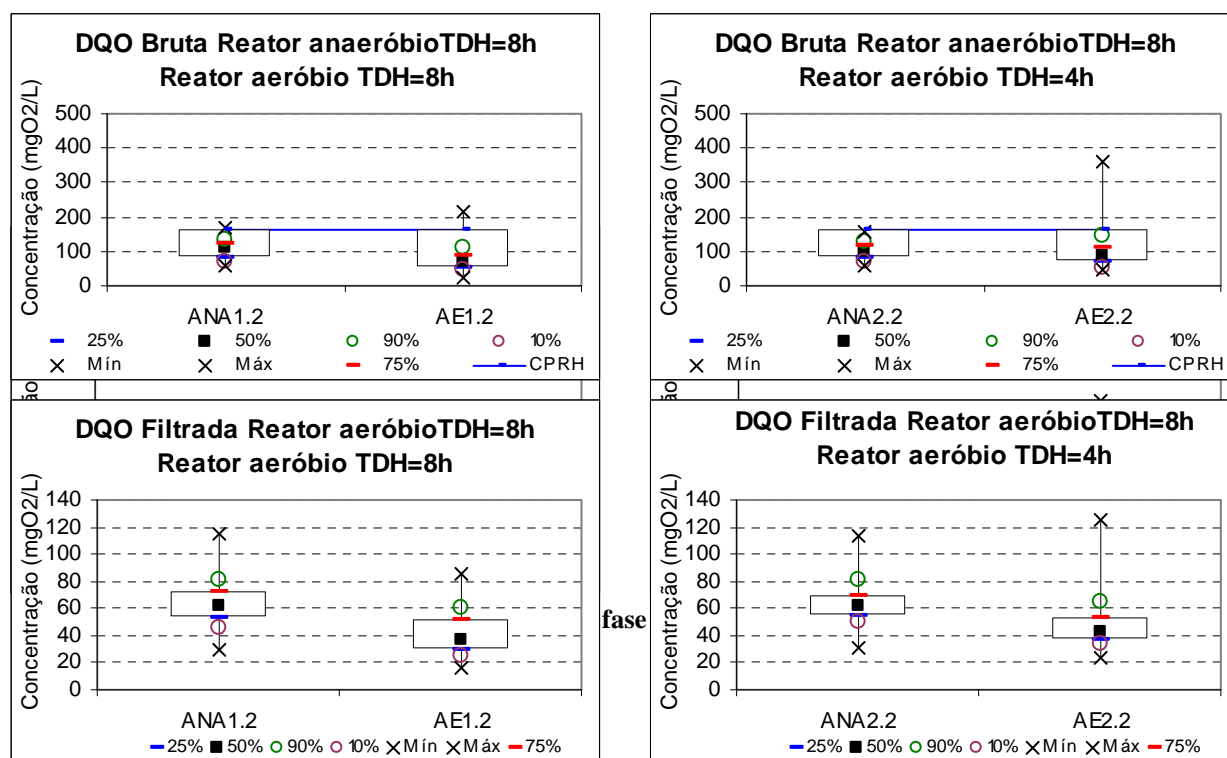


Figura 6 – DQO Bruta e Filtrada na 2ª fase (recirculação de 0,5)

Apesar da concentração de amônia e NTK do afluente terem permanecido as mesmas, variando em torno de 30 mgN/L e 40 mgN/L, os reatores aeróbios apresentaram um efluente com concentrações mais baixas do que os da primeira fase (sem recirculação), com a média dos resultados de amônia do efluente (Figura 7) abaixo de 20 mg/L. Em relação ao desempenho individual dos dois conjuntos, o reator aeróbio com menor tempo de detenção hidráulica (Ae2) resultou concentração de amônia média um pouco maior que o reator Ae1, além de apresentar uma maior instabilidade operacional. Para nitrito, em ambos os conjuntos obtiveram valores próximos a 1 mg/L para os seus efluentes.

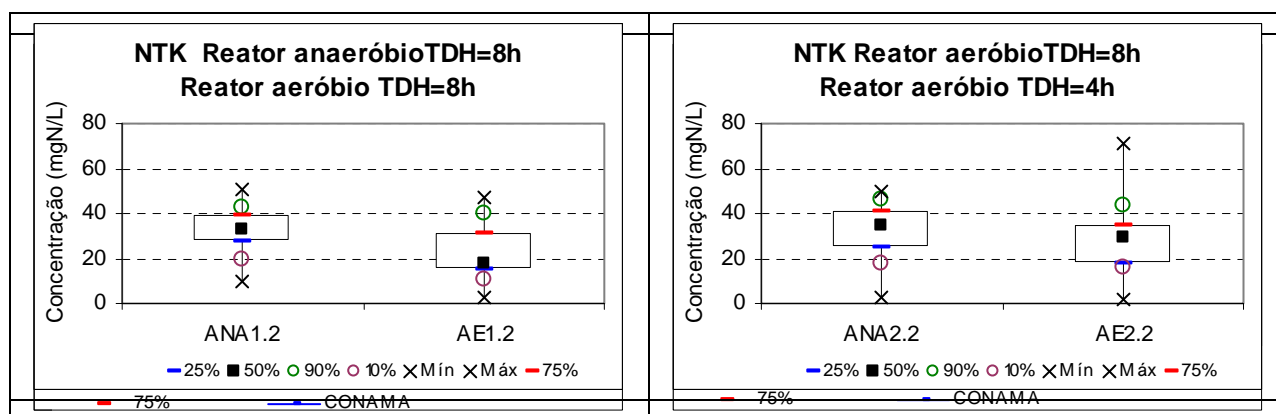


Figura 7 – Amônia e NTK na 2ª fase (recirculação de 0,5)

Em relação aos teores de nitrato do efluente, as concentrações diminuiram consideravelmente, ficando em média, abaixo de 10 mg/L em ambos os reatores (Ae1 e Ae2). Já para ovos de helmintos, não foi verificada alterações nos resultados dos reatores, com os valores menores que 1 ovo de helminto por litro nos efluentes de todos os reatores.

3ª fase

Na terceira fase do experimento foi aplicada a recirculação de 100% da vazão afluyente. A Figura 8 ilustra o efeito da recirculação sobre os SSV efluentes de ambos os conjuntos, que passou de 28 mg/L para 49 mg/L e de 35 mg/L para 60 mg/L, para os conjuntos 1 e 2 respectivamente.

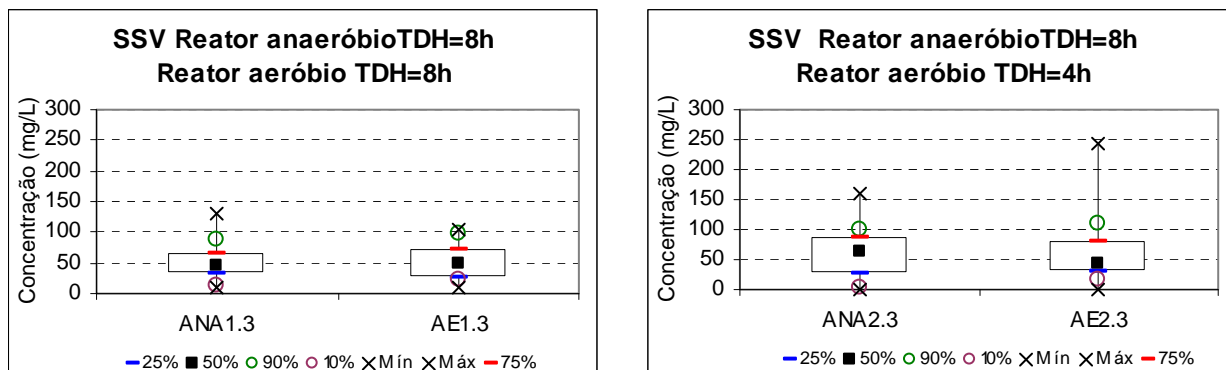


Figura 8 - SSV nos efluentes dos reatores na fase 3 (recirculação de 1)

O aumento da concentração de SSV nos efluentes influenciou nos resultados da DQO Bruta (total) de ambos os conjuntos, que aumentaram de 74 para 109 e de 104 para 134 mgO₂/L nos conjuntos 1 e 2 respectivamente. Entretanto, para a DQO filtrada houve uma melhora expressiva, passando de 50 mgO₂/L para 35 mgO₂/L em ambos os efluentes (Figura 9). Essa redução pode atribuída a uma melhor mistura proporcionada pela maior velocidade do líquido dentro dos reatores, o que melhora a distribuição do substrato nas mantas de lodo e nos biofilmes.

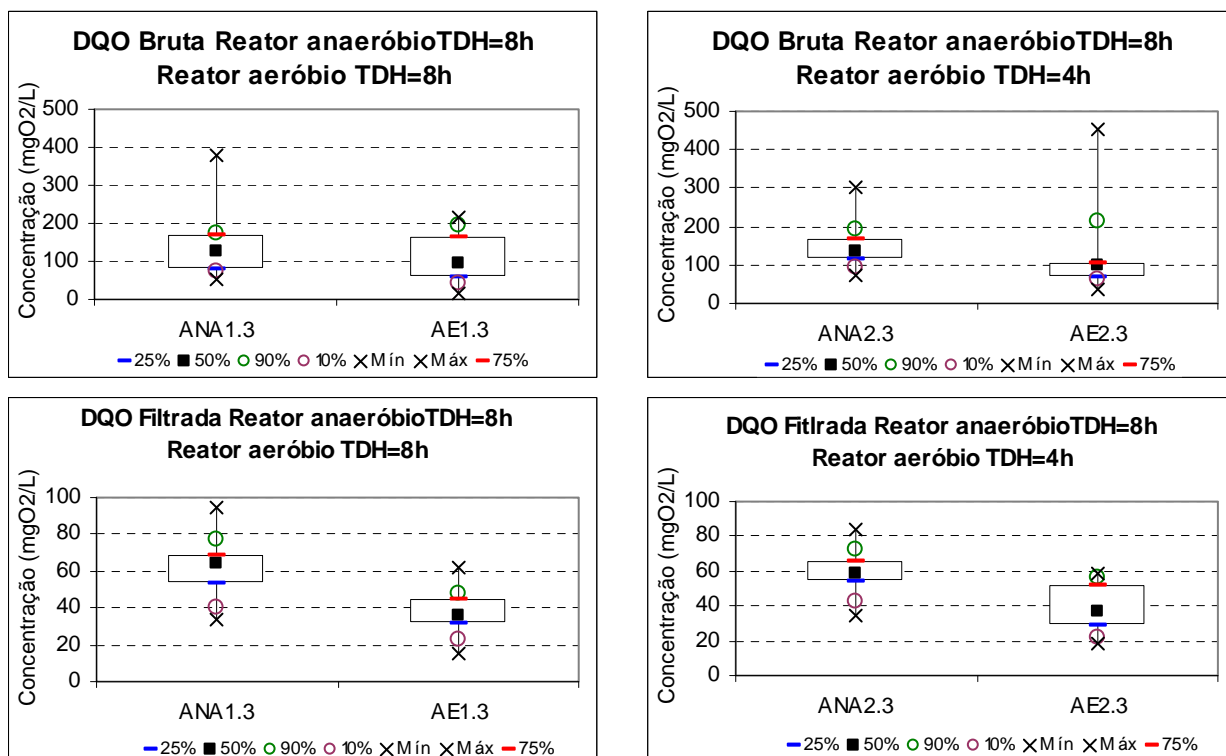


Figura 9 - DQO nos efluentes dos reatores na fase 3 (recirculação de 1)

Para a série de nitrogênio (Figura 10), os resultados foram mais estáveis, com menor dispersão dos dados e uma redução dos valores das médias. Para o conjunto 1 a concentração média da amônia efluente foi de 12 mg/L, na fase 3, em comparação com 16 mgN/L encontrado na fase anterior, enquanto para o conjunto 2 essa média passou de 20 mgN/L, na fase 2, para 15,2 mgN/L. Com relação a nitrato, os efluentes apresentaram



resultados menores que 10 mgN/L em ambos os conjuntos. Já para nitrito, os valores foram inferiores a 2 mgN/L.

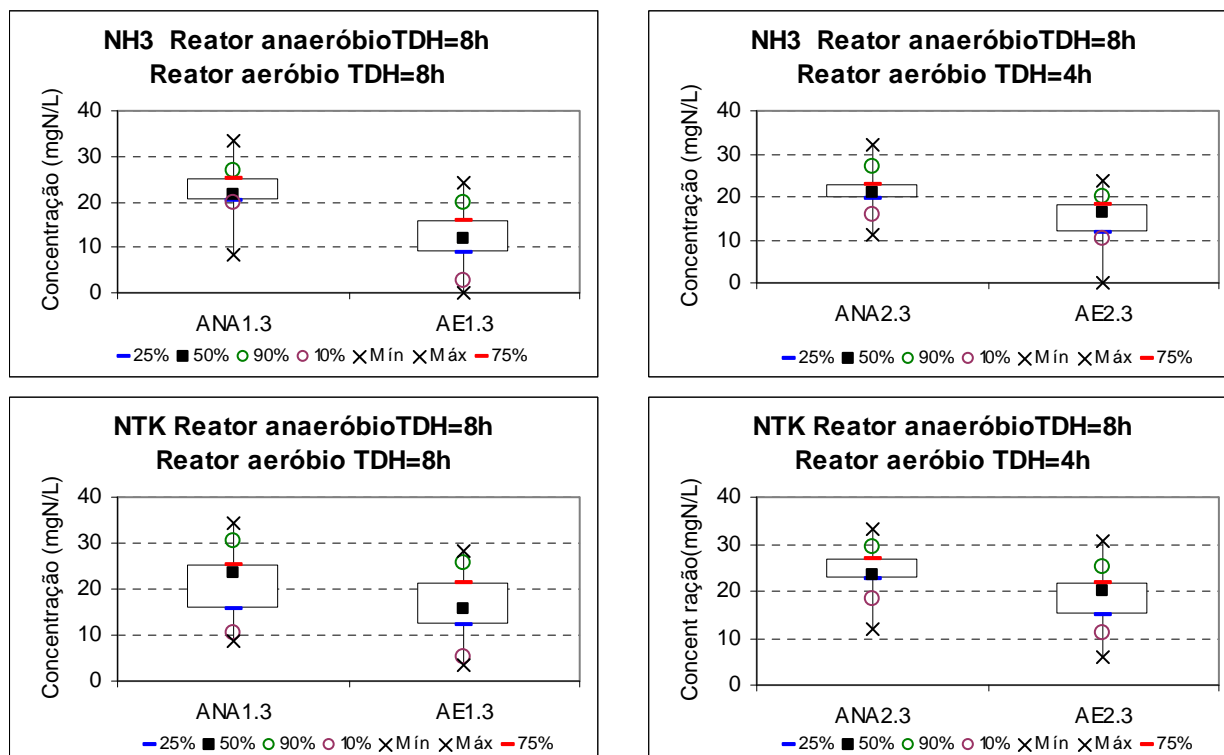


Figura 10 - Série de nitrogênio nos efluentes dos reatores na fase 3 (recirculação de 1)

CONCLUSÕES

O sistema estudado é uma boa alternativa para o tratamento do esgoto doméstico, pois seu efluente apresentou concentrações médias de SSV abaixo de 30 mg/L, de amônia abaixo dos 20mg/L, e eficiência de remoção global de DQO em torno dos 85%. Adicionalmente, a remoção de ovos de helmintos ficou em torno de 99,9%, com os valores menores que 1 ovo de helminto por litro nos efluentes dos reatores, principalmente para o conjunto 1. Entretanto é importante salientar que com o aumento da velocidade ascensional decorrente da recirculação, que chegou a 3,1 m/h, houve o carreamento de biomassa no efluente, principalmente na terceira fase. Conseqüentemente, é necessário melhorar a retenção da biomassa de forma a atender aos padrões de lançamento preconizados na Resolução Conama 357/05.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/CT-HIDRO, FACEPE (PRONEX), FINEP (PROSAB), à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), e aos colegas do Laboratório de Saneamento Ambiental da UFPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition, Washington, 1995.
2. BRASIL - Resolução CONAMA N°357/2005.
3. CHERNICHARO, C.A.L. (coord.). *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios- metodologia de análises*. Projeto Prosab. FINEP, Belo Horizonte, 2001.
4. COSTA et al. Tratamento de efluentes domésticos em reator de lodo ativado seqüencial em batelada com enchimento escalonado a fim de remover carbono, nitrogênio e fósforo. Trabalho apresentado no vigésimo terceiro Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande 2005.



5. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/index.html?c=1; Acesso em 22/06/2005.
6. KOETZ et al. Full scale experience with anaerobic (UASB) –aerobic treatment of parboiled rice wastewater. Trabalho apresentado no oitavo Taller y Simpósio Latino Americano sobre digestion anaeróbia, Punta del Este, 2005.