



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-049 - COMPORTAMENTO DE UM REATOR EM BATELADA AERÓBIO COM RETORNO TOTAL DO LODO EM EXCESSO APÓS DESINTEGRAÇÃO COM ULTRA-SOM: EFEITO DOS NUTRIENTES PRESENTES NO LODO DE RETORNO

André Luís de Oliva Campos ⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos. Pesquisador DCR da Universidade Tiradentes – UNIT.

Luciana Coêlho Mendonça

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos. Pesquisadora DCR da Universidade Federal de Sergipe - UFS.

Eduardo Cleto Pires

Prof. Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento - EESC-USP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Rua Sílvio César Leite, 105 ap. 501 – Salgado Filho.- Aracaju- Sergipe - CEP: 49020-060 Brasil - Tel: +55 (79) 246-3884

 andrelocampos@uol.com.br

RESUMO

Os sistemas aeróbios são amplamente utilizados para o tratamento de esgotos devido à grande eficiência de remoção de poluentes e também ao amplo conhecimento sobre o comportamento desses sistemas. Entretanto esses sistemas geram uma grande quantidade de lodo que tem que ser tratado antes de ir para o seu destino final. Uma linha de pesquisa é a aplicação da lise celular induzida que destrói a parede dos microrganismos, transformando o lodo em alimento para os microrganismos presentes no tanque de aeração. Vários são os meios para realizar a lise (cisalhamento, pressão, ultra-som). O presente trabalho foi utilizado um reator em batelada aeróbio, com tempo de ciclo de 12 horas e idade do lodo de 8 dias, para avaliação do comportamento da microbiota do reator sem a aplicação da lise (etapa controle) e com a aplicação da lise, por meio de ultra-som, e retorno total do lodo lisado ao tanque de alimentação afluyente (etapa teste). Como esperado, houve um aumento nos teores de sólidos, DQO e nutrientes no afluyente do reator devido ao retorno do lodo. A remoção de DQO manteve-se em um mesmo patamar, e houve uma melhora na nitrificação devido a uma melhor relação DQO/N.

Palavras-chave: Lodos ativados, lise celular, ultra-som, nutrientes, batelada.

INTRODUÇÃO

Os sistemas aeróbios de tratamento de esgotos sanitários são amplamente utilizados e reconhecidos pela eficiência de tratamento em termos de remoção de matéria orgânica. Entretanto este tipo de sistema gera um subproduto (lodo) que tem preocupado cada vez mais, tanto pelo custo de tratamento quanto pelo aumento de sua geração, devido ao aumento do número de estações de tratamento que utiliza desse tipo de tecnologia.

Segundo Fernandes (1997), considerando uma produção média de lodo para os sistemas de tratamento aeróbios de 17,5 kg/ano em base seca por equivalente habitante, tem-se para cada 100.000 habitantes urbanos uma produção de 4,8 t/dia de lodo seco ou 24 t/dia de lodo pastoso (80% de umidade).

É necessário e urgente buscar alternativas para a crescente produção do lodo de esgoto. Uma alternativa é a

minimização da geração de lodos através da desintegração do lodo (lise celular induzida) e seu retorno ao tratamento como fonte de alimento. Pesquisas indicam bons resultados do uso deste processo principalmente na melhora significativa do desempenho de digestores de lodo tratando o lodo desintegrado (Muller, 2000; Neis, 2000; Campos & Pires, 2003).

A lise celular é o fenômeno que ocorre durante a fase endógena do crescimento bacteriano, na qual os nutrientes remanescentes das células mortas se difundem no meio, alimentando as células remanescentes. A aceleração dessa etapa do crescimento microbiano (lise celular induzida) pode ser realizada por várias maneiras, utilizando-se técnicas de cisalhamento, pressão, choque de partículas e ultra-som. Os equipamentos utilizados são moinhos de bolas, homogenizadores de alta pressão, homogeneizadores ultra-sônicos, jateamento, pirólise, reações ácido-base, ozonização e descarga elétrica.

O presente trabalho estudou o comportamento do nutrientes de um reator em batelada aeróbio, em escala de laboratório, tratando esgoto sintético e com retorno total do lodo gerado para o tanque de aeração após desintegração com ultra-som.

Segundo Rojas (2000), em todo processo de tratamento biológico se requer que os microrganismos recebam os elementos necessários para formar o protoplasma. Ainda segundo o autor, uma relação de DBO/N/P de 100/5/1 é adequada para o tratamento aeróbio com algumas variações segundo o processo de tratamento e modo de operação. Para tratamento em processos de lodos ativados é sugerida uma relação de 100/3/0,7. Em geral as águas residuárias têm um excesso de nitrogênio e fósforo, com uma relação de 100/17/5, a qual permite um tratamento biológico apropriado.

Abreu (1994) e Metcalf & Eddy (1991) citam que a fração de organismos nitrificantes decresce à medida que a relação C/N cresce e vice-versa. Necessário se faz investigar a modificação da relação C/N quando do retorno do lodo desintegrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O reator utilizado no estudo tem seção circular em acrílico transparente, para permitir a visualização de seu interior, diâmetro de 14,5cm e 100cm de altura, resultando em um volume total de 16,5L, sendo o volume utilizado de 15 litros e o volume efetivamente tratado de 9,5 litros. A aeração era feita mediante bombas de aquário e pedras porosas colocadas no fundo do reator. Como fonte de alimentação para os microrganismos utilizava-se um substrato sintético (Torres, 1992) simulando o esgoto sanitário com composição balanceada de proteínas, lipídeos, carboidratos e sais.

O reator foi operado com idade do lodo de 12 dias e tempo de ciclo de 12 horas. Diariamente era retirado um volume de licor misto para manutenção da idade do lodo (figura 1).

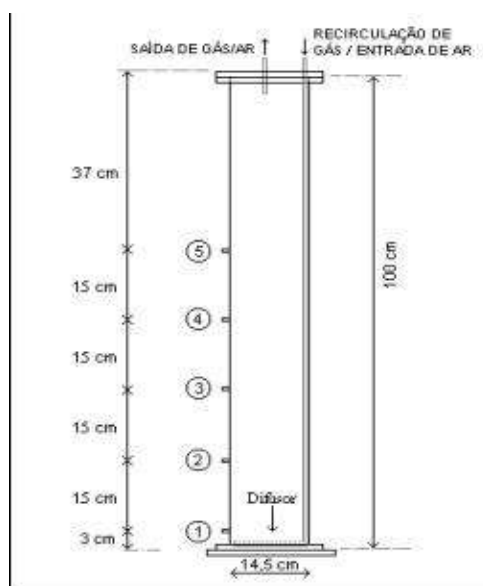


Figura 1 - Esquema do reator sequencial em batelada.

A operação foi dividida em duas etapas: Primeiramente foi realizado um monitoramento de controle (etapa controle) no reator para que se pudesse avaliar as diferenças de comportamento antes e depois da aplicação da lise celular induzida e retorno total do lodo em excesso. Após a etapa de monitoramento do controle, foi realizado o monitoramento da etapa teste. Foi nesta etapa que ocorreu a aplicação da lise celular induzida, por meio de ultra-som. O lodo sedimentado era coletado por meio de uma mangueira adaptada ao fundo cone Imhoff e era armazenado para posterior aplicação do ultra-som e retorno ao tanque de alimentação, durante a fase de alimentação do ciclo seguinte.

Para a lise celular induzida foi utilizado um aparelho de ultra-som com frequência de 20kHz, potência de 95w e tempo de 20 minutos. Foram realizadas amostragens nos pontos afluente, efluente para monitoramento do sistema de tratamento. Foram realizadas análises de Sólidos, Nitrogênio Total Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal, Nitrito Nitrato e Fósforo total, de acordo com as metodologias citadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a etapa de controle foi conseguido o lodo que estava sendo utilizado em outra pesquisa nas dependências do Laboratório de Processos Biológicos da Escola de engenharia de São Carlos. A escolha desse lodo foi devido ao fato que o mesmo já estava adaptado ao substrato sintético e a temperatura de trabalho ($30^{\circ} \pm 2$). Com o lodo já escolhido, o mesmo foi colocado no reator e foi alimentado com o substrato sintético, já descrito anteriormente, por 40 dias (80 ciclos) para que a idade do lodo escolhida para cada reator estivesse adaptada.

● Etapa Controle

A etapa denominada controle foi realizada durante o período de 130 dias e tinha por finalidade a verificação do desempenho do reator para futura comparação com a etapa posterior (aqui denominada de etapa teste). Após essa fase inicial (40 dias de aclimação), foi iniciado o monitoramento mais constante do reator. A figura 2 ilustra o comportamento da concentração de entrada e saída do substrato no reator, em termos de DQO, e sua respectiva eficiência.

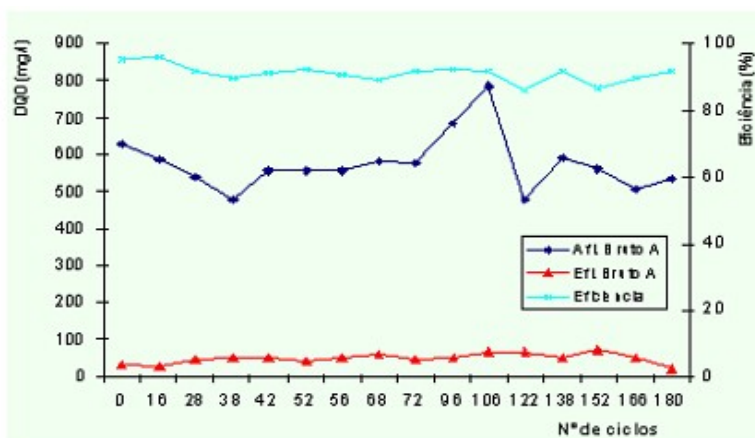


Figura 2- Eficiência de remoção em termos de DQO – Etapa Controle

Como observado, a eficiência de remoção sempre se situou acima dos 80%, tendo uma média de 90,9% em termos de remoção de DQO bruta. A concentração média afluente (em termos de DQO bruta) foi de 574 ± 78 mg/L, e a concentração média de saída foi de 50 ± 13 mg/L. Já a DQO média filtrada afluente foi de 440 ± 30 mg/L, e efluente de 30 ± 14 mg/L DQO. Pode ser observado também que não houve quedas acentuadas nas eficiências, indicando que o reator estava em um bom regime de operação.

Quanto à remoção de nitrogênio, foram feitos perfis temporais (ciclo de 12 horas) para se verificar o comportamento dos compostos nitrogenados verificando suas transformações até a nitrificação. Para fins didáticos só será apresentado o último perfil realizado na etapa controle.

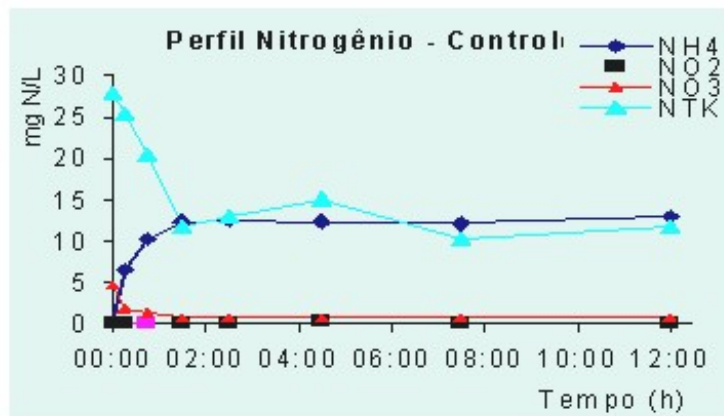


Figura 3 – Perfil temporal de compostos nitrogenados – Etapa Controle

Como se observou, o reator não apresentou um bom perfil de nitrificação. Houve uma queda de aproximadamente 55% no teor de nitrogênio orgânico, acompanhado de um incremento no teor de nitrogênio amoniacal, indicando assim um processo de amonificação do afluente. Entretanto a amonificação não foi completa, e também não houve uma significativa formação de nitrato. Interessante notar que o teor de nitrato decresceu com o tempo e houve uma remoção média de 23% no teor de nitrogênio total (NTK, nitrito e nitrato), o que sugere uma desnitrificação aeróbia, além do requerimento nutricional das células. Este fato também foi notado por Oliveira (2001), estudando relações de carbono e nitrogênio em um reator semelhante ao estudado. Casey et al. (1992) citam que, inicialmente a desnitrificação só era considerada, por via anóxica, ocorrendo na total ausência de oxigênio. Entretanto, ainda segundo o autor, já existem demonstrações da desnitrificação aeróbia em culturas puras.

Com relação ao fósforo, a figura 4 ilustra o comportamento da remoção durante toda a etapa controle.

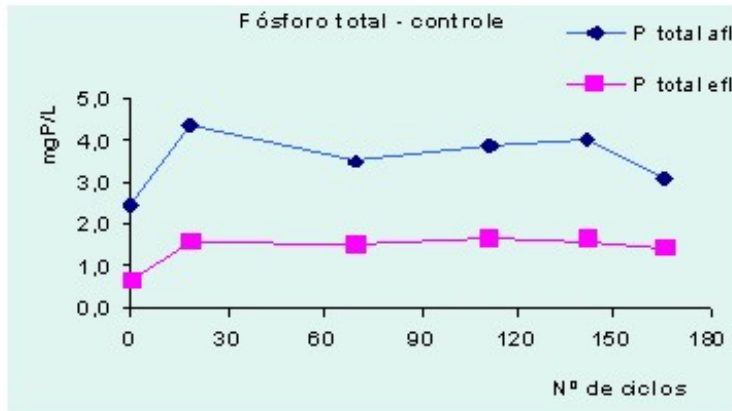


Figura 4 – Teor de Fósforo total afluente e efluente – Etapa Controle

A eficiência média de remoção foi de 60%, valor acima dos citados em literatura. Segundo Von Sperling (1996), a eficiência de remoção de fósforo varia entre 30 e 45%, para sistemas convencionais, e entre 10 e 20% para sistemas com aeração prolongada.

A relação DQO/N/P foram respectivamente 574/33/4, o que representa uma relação aproximada de 100/5/0,7, considerando uma relação DQO/DBO igual a 1.

● Etapa Teste

A etapa teste durou aproximadamente 90 dias e teve como finalidade analisar o comportamento do reator quando do retorno de seu lodo de excesso após submetido ao ultra-som (lise celular induzida).

Analizando o reator com relação a DQO afluente, foi notado um aumento na sua concentração, em comparação a etapa controle, como mostrada na figura 5.

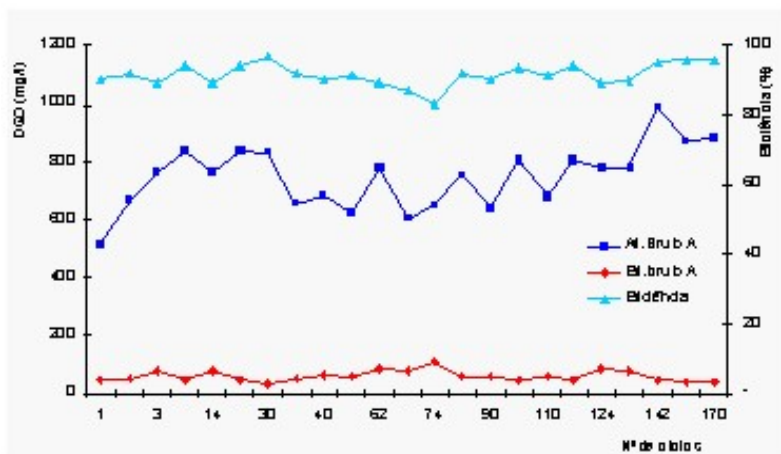


Figura 5 - Eficiência de remoção em termos de DQO – Etapa Teste

A eficiência de remoção em termos de DQO bruta foi de 92%. Houve um aumento na eficiência, ainda que pequeno, se comparado ao reator da etapa controle. A concentração média bruta afluente foi de 749 ± 109 mg/L, e a concentração média de saída foi de 60 ± 19 mg/L. Para a DQO filtrada, a concentração média afluente foi de 362 ± 68 mg/L a média efluente foi de 32 ± 11 mg/L. O aumento da concentração afluente se deve ao fato da inclusão do lodo de excesso após aplicação do ultra-som. Notou-se uma maior variação nas concentrações afluente devido ao fato que a concentração de retorno do lodo lisado nunca é a mesma. Entretanto notou-se também que, apesar das variações da concentração afluente, não variações significativas na eficiência.

Durante a etapa teste também foram realizados perfis semanais dos nutrientes para verificar o comportamento dos mesmos quando da recirculação do lodo desintegrado. Para fins didáticos, só será colocado o último perfil do reator.

Com relação a remoção de nitrogênio total, a figura 6 fornece o comportamento ao longo da etapa teste para o reator.

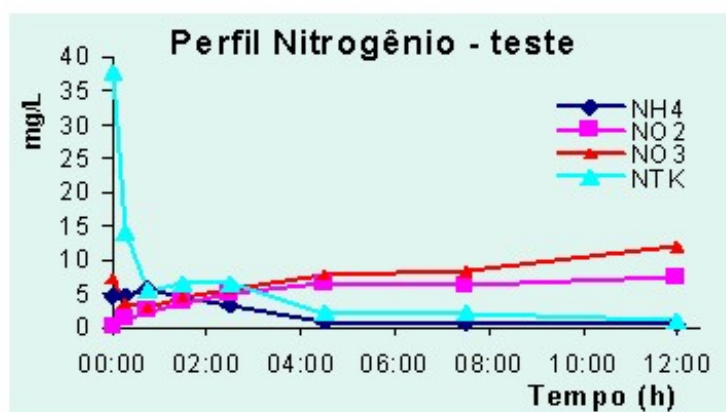


Figura 6 -- Perfil temporal de compostos nitrogenados – Etapa Teste

Como ilustrado na figura, notou-se que o reator apresentou melhora em sua nitrificação. Já se podia notar uma significativa diminuição no teor de nitrogênio total Kjeldahl e um aumento no teor de nitrato. Mesmo assim a nitrificação não foi completa, pois havia uma grande quantidade de nitrito presente. Novamente houve uma redução

significativa do teor de nitrogênio total efluente (60%), inferindo que possa ter havido uma desnitrificação aeróbia no reator.

As melhorias no processo de nitrificação durante a etapa teste podem ser relacionadas com a diminuição da relação DQO/NTK. Esta relação foi, analisando as últimos perfis de cada etapa, de 19,2mgDQO/mgN para a etapa controle e de 16,2mgDQO/mgN para a etapa teste. Esta diminuição na relação deve-se ao fato que a concentração de nitrogênio no lodo retornado foi, em proporção, maior que a quantidade de DQO retornada. O retorno total do lodo desintegrado ao tanque de aeração transforma o reator em um sistema de lodos ativados com aeração prolongada, cuja característica é a maior mineralização do lodo presente no sistema, além disso a desintegração da biomassa mineraliza o carbono presente, diminuindo, assim, a relação C/N presente no lodo lisado de retorno.

Quanto a remoção de fósforo, houve uma queda na eficiência em relação a etapa controle. Nesta etapa, a eficiência de remoção foi de 35% (contra 60% da etapa controle). Essa baixa na eficiência deve-se ao fato que o fósforo, ao contrário do nitrogênio que sai no efluente, fica retido na biomassa. Como parte da biomassa é reciclada após ultrassom, há um retorno de fósforo ao afluente aumentando assim a concentração inicial. O decréscimo também pode ser explicado pela adaptação da biomassa as novas condições de carga afluente, como observado na figura 7.

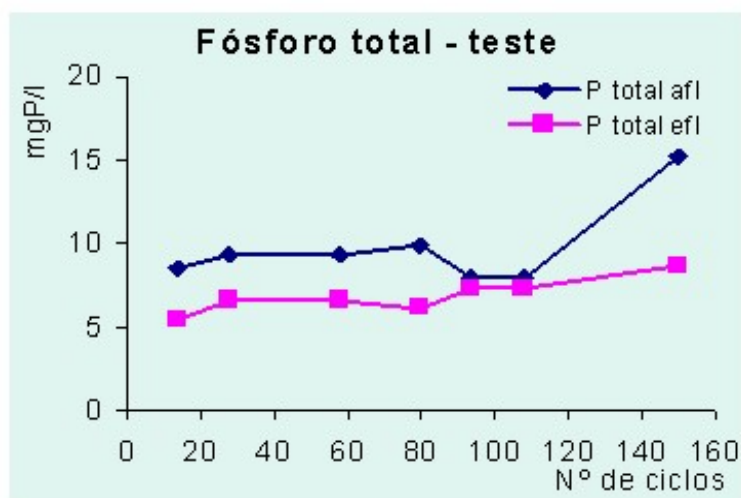


Figura 7 - Teor de Fósforo total afluente e efluente – Etapa Teste

A relação DQO/N/P foram respectivamente 749/49/15, o que representa uma relação aproximada de 100/7/2

CONCLUSÕES

A desintegração do lodo e seu retorno ao tanque de aeração mostrou ser uma solução alternativa para o problema da alta produção de lodo em sistemas aeróbios. O retorno do lodo após a desintegração não comprometeu o comportamento do sistema, apesar de não ter havido nenhum descarte de lodo.

O aumento do teor de fósforo durante a etapa teste não afetou o desempenho do sistema.

A diminuição da relação C/N melhorou o processo de nitrificação do reator estudado.

A lise celular pode ser utilizado na melhoria de sistemas com baixo teor de nutrientes, sem que seja preciso incorporar nutrientes externos, além de promover uma redução significativa do lodo a ser descartado

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, L. M. (1994). Aspectos Microbiológicos de los Procesos de Nitrificación-Desnitrificación, in: "III

- Taller y Seminario Latino Americano: Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales", p.55-64, Montevideu, Uruguai
2. APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20a ed., Washington.
 3. CAMPOS, A. L. O.; PIRES, E.C. (2003). II-166 - Emprego da Lise Celular Induzida Em Um Reator Sequencial Em Batelada Aeróbio Visando Redução Do Lodo De Descarte. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e ambiental. ABES, Joinville.
 4. CASEY, T. G.; WENTZEL, M. C.; LOEWENTHAL, G. A.; EKAMA, G. A.; MARAI, G. v. R. (1992). A Hypothesis for the Cause of Low F/M Filament Bulking in Nutrient Removal Activated Sludge Systems. *Water Research*, v. 26, n. 6, pp. 867-869
 5. FERNANDES, F. (1997). Biossólidos, Lodos de ETA e o Programa de Pesquisa. Informe Especial, ano 9, n2, mai/jun, p.41, *Revista BIO*, ABES, Rio de Janeiro.
 6. METCALF & EDDY (1991). Design of Facilities for the Treatment and Disposal of Sludge, In: *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 3rd edn, McGraw-Hill, New York, USA.
 7. MULLER, J. (2000). Disintegration as a key-step in sewage sludge minimization. *Wat. Sci. Tech.* v. 41, n.8, pp. 123-130.
 8. NEIS, U.(2000). Ultrasound in Water, Wastewater and Sludge Treatment. *Water* 21, April, pp. 36-39.
 9. OLIVEIRA, A. L. (2001). Influência do Tipo de Matéria Orgânica no Processo de Desnitrificação em Reatores Sequenciais em Batelada. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
 10. TORRES, P. (1992). Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgoto sanitário sob diferentes condições de operação. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
 11. VON SPERLING (1996). Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 1. DESA, UFMG, Belo Horizonte.