



Avaliação do Processo de Biorremediação em Reatores de Bateladas Sequenciais (RBS)

Dayane de Andrade Lima¹, Jéssyca de Freitas Lima², Heraldo Antunes Silva Filho³, Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos⁴

¹Técnica em Meio Ambiente e Graduada em Saneamento Ambiental - IFCE, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: dayaneandrade@ifce.edu.br

²Graduada em Saneamento Ambiental - IFCE, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: jessycafreitas@ifce.edu.br

³Professor do IFCE, Campus Limoeiro do Norte. e-mail: heraldo@ifce.edu.br

⁴Professora do IFCE, Campus Limoeiro do Norte. e-mail: elivania@ifce.edu.br

Resumo: O lançamento em corpos hídricos de esgoto contendo nutrientes pode ocasionar a eutrofização destes mananciais, degradando-os, tendo como principal consequência o crescimento excessivo de algas. Para evitar a eutrofização de corpos receptores, torna-se necessário projetar, executar e operar estações de tratamento de esgoto para remover material orgânico e sólidos suspensos, além de nutrientes, especialmente fósforo. Para a remoção biológica de fósforo é necessária a existência de zonas alternadas anaeróbias e aeróbias. O presente trabalho visou à realização de testes de biorremediação para estimar a capacidade máxima de liberação de fósforo na forma de fosfatos e em seguida sua maior absorção (*luxury uptake*) relacionando com os sólidos dos lodos gerados em teste, bem como uma análise comparativa entre o comportamento desses lodos diante às diferentes condições referentes à natureza do esgoto impostas na operação dos reatores. A determinação do processo de biorremediação se deu através de testes realizados com sistemas de lodo ativado na configuração de bateladas sequenciais (RBS), sendo estes alimentados com: R1- Acetato de Sódio; R2- Etanol; R3- Metanol e R4- Controle (somente adição de esgoto doméstico). Os resultados obtidos com os testes de biorremediação mostraram uma proximidade dos dados com os substratos testados aos do controle com esgoto doméstico, tendo uma melhor atuação no reator alimentado com Etanol, além de mais baixa e similar de Acetato de Sódio e Metanol entre si. Houve *luxury uptake* de 6 a 10 mgP/L em todos os reatores operados, inclusive no controle. Apesar dessa tendência os dados não são confirmativos e precisam de mais avaliações e melhor controle de parâmetros como temperatura e oxigênio dissolvido, além de uma variação dos tempos das fases anaeróbias e aeróbias (ciclos), no intuito de se eliminar quaisquer dúvidas quanto à viabilidade do protocolo de seleção de bactérias acumuladoras de fósforo.

Palavras-chave: biorremediação, fósforo, reatores em bateladas sequenciais

1. INTRODUÇÃO

A preocupação relativa à remoção de fósforo das águas residuárias é a mesma para remoção de nitrogênio. Ambos são muito importantes devido ao fato de tornarem o ambiente eutrófico, ou seja, rico em nutrientes, provocando assim o processo de eutrofização que é o crescimento excessivo de algas e de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, tornando-as consideradas como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água, mas ao contrário do nitrogênio, o fósforo poderá ser considerado fator limitante.

O fósforo presente nos esgotos domésticos vem geralmente de origem dos detergentes, das proteínas e da urina. Os detergentes contribuem com a maior parcela na forma de polifosfatos correspondendo a mais ou menos a metade do teor de fósforo total, as proteínas têm como origem principal a matéria fecal e restos de alimentos contribuindo com fósforo orgânico, a urina contribui com fosfatos (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

Nos esgotos domésticos, o fósforo apresenta-se na forma orgânica e nas formas inorgânicas como polifosfato e ortofosfato. Em função do pH apresenta-se de variadas formas. No metabolismo bacteriano, o fósforo é utilizado na forma de ortofosfato, sendo que o fósforo orgânico e os polifosfatos só são utilizados quando convertidos a ortofosfato. (NUNES, 2011)

Para a remoção biológica de fósforo é necessária existência de zonas anaeróbias e aeróbias. Em zona anaeróbia e na ausência de oxigênio e de nitrato, as bactérias do lodo de retorno liberam fósforo



na forma de ortofosfato. Na zona aeróbia haverá assimilação do ortofosfato liberado na zona anaeróbia pelas bactérias fermentativas. O fósforo é removido juntamente com o lodo biológico excedente, rico em bactérias com altos teores de fósforo. O presente trabalho visa à realização de testes de biodesfosfatação para estimar a capacidade máxima de liberação de fósforo em reatores alimentados com diferentes substratos e sua absorção em seguida relacionando com os sólidos do lodo usado nos testes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi dividida em etapas: (1) montagem, partida e operação dos sistemas para geração de lodo; (2) acompanhamento do processo de biodesfosfatação nos sistemas operados; e (3) testes respirométricos anaeróbio e aeróbio.

Os sistemas operados foram montados nas instalações físicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Limoeiro do Norte (IFCE-LN), no Laboratório de Controle Ambiental (LCA). Os testes laboratoriais também foram realizados no LCA.

2.1 Montagem, Partida e Operação dos Reatores

Para a geração do lodo utilizado nos testes de biodesfosfatação foram montados sistemas de lodo ativado na configuração de bateladas sequenciais (RBS). Todos foram alimentados com esgoto proveniente das instalações sanitárias do IFCE, Campus Limoeiro do Norte, os quais em termos genéricos podem ser caracterizados como esgoto doméstico, adicionados de um substrato específico que dava características diferenciadas a cada reator.

Os reatores receberam as nomenclaturas de R1, R2, R3 e R4, e eram alimentados com esgoto doméstico como matriz base. Os substratos adicionados em cada reator eram R1- Acetato de Sódio; R2- Etanol; R3- Metanol e R4- Controle (sem adição de substratos específicos).

Para a partida dos sistemas não se utilizou inóculo. Os sistemas de bateladas foram operados sob as seguintes condições: temperatura ambiente (T média de 25°C) e volume útil de aproximadamente 3 litros. Todos os reatores recebem o acréscimo de uma solução nutritiva contendo elementos-traço importantes para seu crescimento ($0,2\text{g KH}_2\text{PO}_4$, $0,25\text{g MgSO}_4$, $0,01\text{g CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $0,08\text{g CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0,05\text{g H}_2\text{MoO}_4$, $0,05\text{g MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $0,05\text{g Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $0,04\text{g ZnSO}_4$).

Utilizou-se um dispositivo no fundo do reator para responsabilizar-se pela difusão de oxigênio (pedra porosa de aquário) alimentado por um compressor de ar (nebulizador).

Esse nebulizador encontrava-se ligado diretamente a um temporizador analógico programado para promover 9 horas de não aeração e 15 horas de aeração, caracterizando dessa forma um ambiente anaeróbio (liberação de fósforo) e aeróbio (absorção de fósforo) de forma sequenciada. Destaca-se que os momentos de alimentação dos sistemas coincidiam com o início da fase anaeróbia. Na Figura 1 mostra-se o esquema montado em escala de bancada.

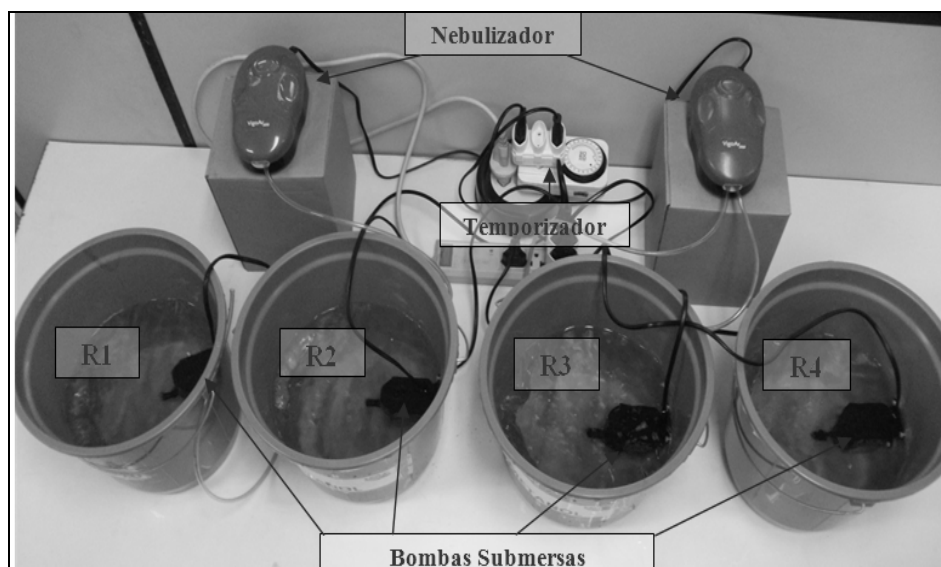


Figura 1: Esquema ilustrativo da configuração dos sistemas e da disposição dos seus elementos-suporte.

2.2 Testes de Biodesfosfatação

Os testes de biodesfosfatação consistiam em uma metodologia onde se avaliava a liberação do fósforo em ambiente anaeróbio e seu consumo em ambiente aeróbio acompanhando-se também a remoção da matéria orgânica na forma de DQO, considerando assim a remoção desse nutriente. Os procedimentos realizados foram feitos *in loco*.

- Inicialmente verificava-se o OD para garantir que o mesmo encontrava-se nulo garantindo que as bactérias presentes não teriam consumo de material orgânico utilizando oxigênio como aceptor de elétrons.

- Com o OD nulo, adicionava-se a concentração de 50 mg/L de fosfato para comparar os valores das concentrações iniciais do teste com as demais.

- Em determinados intervalos de tempo era retirada uma alíquota do lodo para que fosse imediatamente centrifugada a 2.500 rpm durante 6 minutos, onde o lodo era separado do sobrenadante e assim podia-se proceder a análise de ortofosfato.

Foram coletados pontos de acordo com os ambientes inicialmente no ambiente anaeróbio 3 pontos foram coletados. O 1º no início do ciclo anaeróbio, o 2º no meio do ciclo e o último no final de uma fase anaeróbia. A retirada desses pontos foi realizada em um intervalo de tempo, entre um e outro ponto, de 45 minutos. Após a coleta do último ponto anaeróbio como programado iniciava-se o ciclo aeróbio onde eram coletados mais 3 pontos, sendo o 1º bem no início dessa fase, assim que começava-se a aerar, o 2º pelo meio do ciclo e último no final da fase aeróbia. O intervalo de tempo entre um ponto e outro era maior, sendo dedicadas 1 hora e 20 minutos a cada intervalo de coleta, devido a uma fase aeróbia completa ser composta de mais horas.

Os reatores recebiam apenas seus substratos respectivos (R1, R2 e R3), a solução nutritiva e adição de fósforo com exceção do controle (R4) que recebia somente esgoto. Para cada reator foram realizados e considerados válidos estatisticamente 7 testes de biodesfosfatação .

Foram calculadas as taxas de liberação e de absorção de sólidos por grama de sólidos suspensos voláteis (SSV), sendo este parâmetro considerado como a massa de bactérias acumuladoras de fósforo do sistema, visto que sua operação era dedicada ao crescimento de uma predominância desse tipo de microrganismo. Também se previu uma comparação mais direcionada, sendo convertidos os dados para 1 g de SSV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção de bons resultados nos testes de biodesfosfatação há necessidade que haja uma concentração considerável de bactérias acumuladoras de fósforo, pois esse grupo específico é quem garante a remoção desse nutriente. É necessária a existência de um ambiente anaeróbio em alternância com um ambiente aeróbio. Também é importante considerar outros fatores externos que podem ajudar na biodesfosfatação como a configuração do sistema, a idade de lodo e a natureza do substrato ou esgoto, além da temperatura, oxigênio dissolvido e pH (BASSIN et al., 2012).

O pH quando abaixo ou acima da faixa de 6,5 a 8 pode minimizar o metabolismo bacteriano, se o tempo de exposição for elevado pode vir a causar a morte dos microrganismos. Neste trabalho, esse parâmetro, em média, foi mantido na faixa esperada (aproximadamente 7,5). O oxigênio dissolvido também foi mantido na faixa esperada (2,5 mg/L), apesar de ter referências recentes indicando que maiores concentrações de oxigênio garantem melhores resultados de fósforo (BASSIN et al., 2012), todavia destaca-se que são dados para culturas mistas. Os valores de temperatura mantiveram-se em condições ambiente (aproximadamente 25°C).

Nas Figuras 2 e 3 encontram-se os resultados de biodesfosfatação para os testes realizados, em termos de concentrações de ortofostato liberado ou absorvido, sendo diferentes quanto aos ajustes de SSV originais e convertidos para 1 gSSV, respectivamente. Os resultados obtidos com os testes de biodesfosfatação apresentaram um aumento na concentração de ortofostato em seus primeiros 3 pontos que são anaeróbios, onde confirmaram-se as literaturas, e também que houve crescimento de bactérias acumuladoras de fósforo, mesmo que não em concentrações muito elevadas. Ao se inserir o oxigênio essa concentração reduziu-se como se mostra nos 3 pontos seguintes.

Na Tabela 1 encontram-se os dados obtidos em momentos anaeróbios e aeróbios convertidos para taxa de liberação e de absorção de fosfatos, em mgP/L/h.

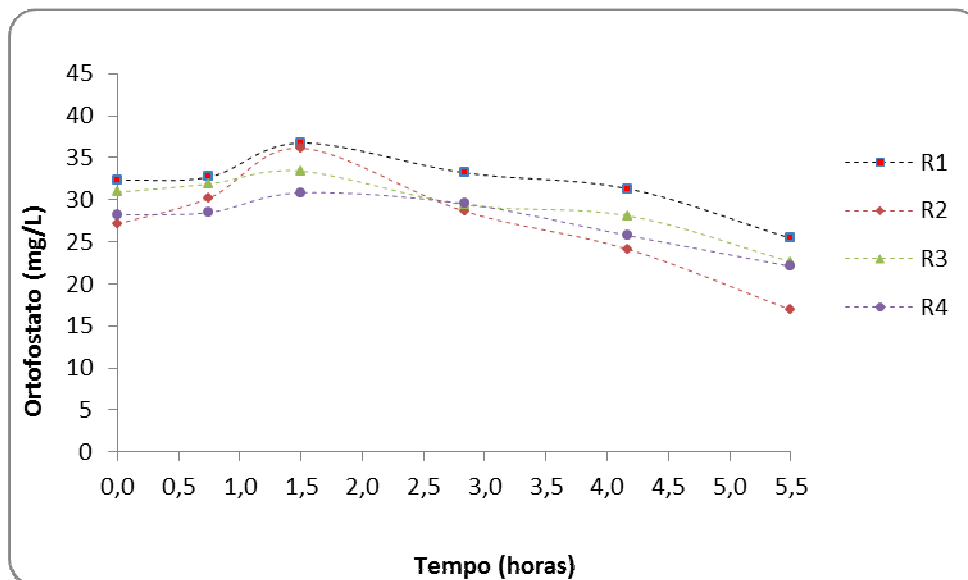


Figura 2: Gráfico referente aos dados de liberação e absorção de fósforo nos reatores operados com adição de diferentes substratos e o controle.

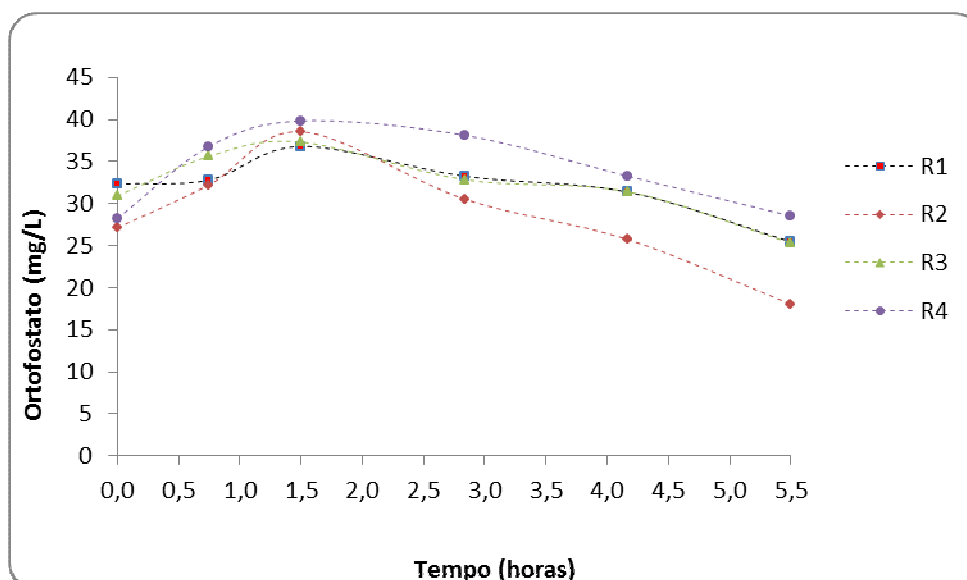


Figura 3: Gráfico referente ao ajuste dos dados de liberação e absorção de fósforo para 1 g de sólidos em suspensão voláteis (SSV) nos reatores operados com adição de diferentes substratos e o controle.

Tabela 1: Dados médios das taxas de liberação e absorção de fósforo obtidas em fases aeróbias e anaeróbias.

R1	
Anaeróbio	Aeróbio
5,4 mg/L/h	4,4 mg/L/h
R2	
Anaeróbio	Aeróbio
7,9 mg/L/h	5,4 mg/L/h
R3	
Anaeróbio	Aeróbio
2 mg/L/h	4,11 mg/L/h
R4	
Anaeróbio	Aeróbio
3,1 mg/L/h	2,8 mg/L/h

4. CONCLUSÕES

Com a realização dos testes de biodesfosfatação pode-se estimar a liberação de fósforo na forma de ortofostato e sua absorção em seguida, caracterizando assim a remoção do fósforo.

Os resultados obtidos com os testes de biodesfosfatação mostraram uma proximidade dos dados com os substratos testados aos do controle com esgoto doméstico, tendo uma melhor atuação no reator alimentado com Etanol, além de mais baixa e similar de Acetato de Sódio e Metanol entre si.

Houve *luxury uptake* de 6 a 10 mgP/L em todos os reatores operados, inclusive no controle. Apesar dessa tendência os dados não são confirmativos e precisam de mais avaliações e melhor controle de parâmetros como temperatura e oxigênio dissolvido, além de uma variação dos tempos das fases anaeróbias e aeróbias (ciclos), no intuito de se eliminar quaisquer dúvidas quanto à viabilidade do protocolo de seleção de bactérias acumuladoras de fósforo.



AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC/CNPq e ao Laboratório de Controle Ambiental (LCA) do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

REFERÊNCIAS

APHA et. al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 2005.

BASSIN, J. P., KLEEREBEZEM R., DEZOTTI M., VAN LOOSDRECHT M. C. M. **Simultaneous nitrogen and phosphate removal in aerobic granular sludge reactors operated at different temperatures**. Water Resoursh 46. 2012. 3805-3816. 2012.

NÓBREGA, E. O. **Estequiometria e Cinética da Remoção de Fósforo em Sistemas de Lodo Ativado**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande; UFCG-DEC, 2009. 100p.

NUNES, J. A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol. 1. Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2a ed. Aracaju – Sergipe - 2011. v. 1. 201 p.

MOTA, S.; VON SPERLING, M. (Coord.) **PROSAB. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro. ABES, 2009. 32 p.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. **O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações**. Campina Grande – Paraíba. Ed. Epgraf. 1999. 472 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3a ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005.



19 a 21 de outubro - Ciência, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional