

COMPARAÇÃO ENTRE MATERIAIS SUPORTE NA FILTRAÇÃO POR MEMBRANA DINÂMICA EM BIORREATOR ANAERÓBIO

Rafaela Barbosa Santos¹
José Raniery Rodrigues Cirne²
Ediano Duarte de Lima³
André Luiz Muniz Brito⁴
Prof. Dr. Wilton Silva Lopes⁵

RESUMO

O biorreator de membrana ganhou popularidade crescente e ampla aplicação na recuperação de efluentes em todo o mundo, porém sua principal desvantagem são as incrustações na membrana. Para lidar com esse problema, surge a tecnologia de Membrana Dinâmica, que consiste em uma filtração feita através de uma malha de poros largos. A interação entre o tamanho do poro utilizado no material suporte e a formação da membrana dinâmica não está clara. Com isso, O presente trabalho visa a comparação entre dois tipos de materiais suporte diferentes utilizados em um Biorreator Anaeróbico de Membrana Dinâmica Submersa (BRAnMs) objetivando o tratamento de águas residuais domésticas. O BRAnM submerso possui capacidade para 4,39 litros, o mesmo foi instalado nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgoto Sanitário em Campina Grande. O afluente utilizado é a água residual doméstica proveniente das instalações prediais localizadas a 200 metros de distância da Estação. Primeiramente, foi analisado a operação do biorreator com Tempo de Detenção Hidráulica de 5 horas e um material não tecido como material suporte e, posteriormente, aplicou-se um Tempo de Detenção Hidráulica de 8 horas e o material suporte foi substituído por uma malha de polietileno. O biorreator operou por 120 dias obtendo, nos quais os resultados oferecidos pela malha de polietileno foram significativamente melhores, quanto aos do material não tecido, com a remoção de 67% da DQO e 74.6% da Turbidez.

Palavras-chave: Material suporte, Membrana Dinâmica, Matéria orgânica, Turbidez.

INTRODUÇÃO

Águas residuais são correntemente tratadas utilizando sistemas de lodos ativados, porém mesmo que esses processos sejam eficientes, necessitam de uma grande demanda de energia. Com isso, tecnologias anaeróbicas vêm sendo estudadas a fim de oferecer a comunidade uma maneira de custo inferior e igual eficiência de tratamento.

¹ Mestranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, rafaelab.esa@gmail.com;

² Doutorando em Engenharia Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, ediano_duarte@hotmail.com;

³ Doutorando em Engenharia Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, raniery_rodrigues@hotmail.com;

⁴ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, andrebruito@gmail.com;

⁵ Orientador do Trabalho pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, wiltonuepb@gmail.com;

O biorreator de membrana ganhou popularidade crescente e ampla aplicação na recuperação de efluentes em todo o mundo devido à sua excepcional qualidade de efluentes, baixa produção de lodo e alta eficiência de biodegradação, mas a incrustação de membrana ainda é de questão séria (CAI et al., 2016). Porém, posteriormente, pudemos observar que a incrustação não tem apenas papel negativo na aplicação dessa tecnologia.

A aplicação de uma filtração feita por malha transforma o problema apresentado em solução. O que anteriormente precisaria de módulos de membrana dispendiosos, como nos processos de Micro e Ultrafiltração, passam a possibilitar a utilização de módulos de membrana de baixo custo, com tamanho de poros maiores, visto que a filtração será realizada mediante a própria retenção de sólidos no reator, também chamada de Membrana Dinâmica, formada no material suporte.

A interação entre o tamanho do poro utilizado no material suporte e a formação da membrana dinâmica não está clara. A utilização de malhas de poros largos pode reduzir a resistência a filtração e o custo do módulo de membrana, no entanto, o tamanho máximo permitido para o desenvolvimento de uma membrana dinâmica eficaz ainda é desconhecido (ALIBARDI et al., 2016).

O presente trabalho visa a comparação entre dois tipos de materiais suporte diferentes utilizados em um Biorreator Anaeróbio de Membrana Dinâmica Submersa (BRAnMs) objetivando o tratamento de águas residuais domésticas, sendo avaliados a capacidade de retenção de matéria orgânica bem como seu comportamento quanto a operação no biorreator, sendo analisados parâmetros capazes de interferir no tratamento, como é o caso do Tempo de Detenção Hidráulica.

METODOLOGIA

O BRAnM submerso foi construído a partir de um tubo de PVC de 100 mm de diâmetro, com capacidade total para 4,39 litros, o mesmo foi instalado nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgoto Sanitário em Campina Grande. O afluente utilizado é a água residual doméstica proveniente das instalações prediais localizadas a 200 metros de distância da Estação. O biorreator operou com uma alimentação contínua de fluxo ascendente, com o auxílio de uma bomba de dosagem magnética que introduziu ao biorreator uma vazão de $0,9 \text{ L.h}^{-1}$ (15 mL/min), sob temperatura ambiente, com tempo de detenção

hidráulica (TDH) de 5 horas. A coleta do permeado foi obtida com auxílio de um motor de indução MOVITRAC LTE-B.

O módulo de membrana, alojado no interior do biorreator, possuía diâmetro de 90 mm. Para sua montagem consistiu em duas camadas, utilizou-se uma tela metálica, Figura 1a, sob o material suporte, utilizado para formação da membrana dinâmica. Primeiramente, o material suporte utilizado foi um material não-tecido Tyvek da marca DuPont, Figura 1b, composto por filamentos contínuos de polietileno 100% puro, de alta densidade. Posteriormente, as configurações do biorreator foram mantidas, porém substituiu-se o material suporte utilizado por uma malha de polietileno com tamanho de poro médio de 89 μm , Figura 1c, além disso o TDH foi modificado para 8 horas.

As análises experimentais de Demanda Química de Oxigênio e Turbidez foram conduzidas semanalmente durante o período de 60 dias para cada tipo de material suporte, sempre em duplicata, seguindo o processo metodológico do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Figura 1: a) tela metálica utilizada sob o material suporte; b) material não-tecido Tyvek da marca DuPont ; c) malha de polietileno com poro de tamanho igual a 89 μm .



(a)



(b)



(c)

DESENVOLVIMENTO

A produção de biogás rico em energia através da conversão dos poluentes orgânicos tornou o tratamento anaeróbio uma alternativa atrativa nas últimas décadas, prevenindo o uso de energia fóssil para tal processo (ERSAHIN, et al., 2014). O biorreator de membrana ganhou popularidade crescente e ampla aplicação na recuperação de efluentes em todo o mundo devido à sua excepcional qualidade de efluentes, baixa produção de lodo e alta eficiência de biodegradação. As membranas podem reter toda a matéria particulada, incluindo a biomassa nos reatores e fornecer estabilização eficiente da matéria orgânica e alta qualidade do efluente (CAI et al, 2016; DERELI, et al., 2015).

Viana (2004) explica que o biorreator possui a função de transformar a matéria orgânica em matéria mineral e em biomassa, enquanto que a membrana se encarrega de separar a fase líquida da sólida. Basicamente, esse processo é uma variante do processo de lodos ativados, uma vez que o decantador secundário é substituído por um sistema de filtração por membranas, de micro ou ultrafiltração. Do mesmo modo, além de os módulos de membrana substituírem os decantadores secundários, também podem substituir os decantadores primários, ocupando uma área muito menor para tratar a mesma vazão.

Os Biorreatores Anaeróbios de Membrana (BRAnM) combinam as vantagens oferecidas pelo Biorreator de Membrana e a tecnologia anaeróbia. Essa capacidade de retenção pode ser utilizada para manter as comunidades microbianas especiais que podem degradar determinados poluentes, sendo uma remediação ao problema de lavagem de biomassa (VAN LIER et al., 2015).

No entanto, a incrustação de membrana ainda é de questão séria. Várias estratégias incluindo limpeza física (por exemplo, relaxamento, retrolavagem e vibração), limpeza química (por exemplo, limpeza ácida, limpeza alcalina e limpeza oxidante) e limpeza biológica (por exemplo, limpeza enzimática, o upcoupling de energia e quenching de quorum) foram desenvolvidos para mitigar a incrustação de membrana em MBRs (CAI et al., 2016). No entanto, segundo Mezohegyi et al. (2012), o uso intensivo de produtos químicos de limpeza reduz potencialmente a vida útil da membrana e aumenta a mineralização da matéria orgânica.

Além disso, fatores envolvendo propriedades de membrana como carga da superfície, aspereza e hidrofobicidade também foram identificados como fatores importantes para incrustação de membrana. A adesão de microrganismos é considerada como o primeiro passo no processo de colonização qualquer superfície, assim a repulsão eletrostática e a interação

hidrofóbica entre os flocos bacterianos e a superfície da membrana é crucial importância para a incrustação de membrana (DERELI, et al., 2015). Com isso, surge a tecnologia de filtração por Membrana Dinâmica (MD), as quais podem ser formadas em malhas com porosidade entre 10 e 150 μm , atingem baixa resistência com risco insignificante de incrustação, possuem fácil limpeza com métodos físicos e baixo custo do módulo de membrana (HU et al., 2016).

A formação da Membrana Dinâmica se dá através do material acumulado na superfície da malha, tornando-se mais densa ao longo do tempo e formando uma camada, denominada também de “torta”, que regula a limitação de incrustações e fluxo. A camada “torta” é a barreira mais importante nos sistemas BRAnMs. A formação e o uso efetivo desta camada “torta” em uma camada de suporte, como uma malha ou tecido pano de filtro em vez de uma membrana, apresentam um novo conceito, que é chamado de filtração por membrana dinâmica (MD). Recebe esse nome devido a sua capacidade de ser facilmente removida, a partir da superfície do material de suporte e poder ser restabelecida novamente em um curto espaço de tempo (ERHSAIN et al., 2014). Quando a “torta” é formada, a rejeição de sólidos é realizado por esta camada biológica regenerativa enquanto a malha só atua como um suporte. As camadas “torta” que se desenvolvem na malha desempenham, assim, um papel central durante a filtração da Membrana Dinâmica enquanto é considerada a principal desvantagem para o convencional amplamente adotado nos processos de Micro e Ultrafiltração (ALIBARDI et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como dito anteriormente, os ensaios foram ministrados durante 120 dias, nos quais os primeiros 60 dias o biorreator operou utilizando o material não tecido Tyvek como material suporte e logo após, nos 60 dias restantes, o material utilizado passou a ser a malha de polietileno citada anteriormente, bem como a mudança de TDH, sendo analisados parâmetros de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Turbidez.

Nos ensaios utilizando o primeiro material suporte citado, pudemos observar que o biorreator recebia um afluente com DQO igual a 698,42 mg.L^{-1} obtendo uma eficiência de remoção de 27.5% no qual o permeado possuía uma DQO igual a 506,28 mg.L^{-1} . Já para as análises de Turbidez, pudemos observar que o afluente de turbidez média igual a 269,03 NTU após o tratamento era obtido um permeado com turbidez média de 125,57 NTU, fazendo-se assim uma eficiência de 53.3%. Como visto na literatura, esses resultados são bastante insatisfatórios, visto que os resultados para remoção de Turbidez encontrados geralmente na

filtração MF/UF estão entre 60-90% (JIN et al., 2017), além disso, outros trabalhos também mostraram que a filtração por meio da membrana dinâmica conseguiu uma eficiência de remoção de DQO maior que 99% (ERSAHIN et al. 2017).

Pudemos observar ainda que o material não tecido não apresentou capacidade de interação com a Membrana Dinâmica, ocasionando, dessa forma, o desprendimento do mesmo, prejudicando a qualidade do permeado coletado. Além disso, esse material suporte não se mostrou resistente o suficiente para atuar como bom suporte, podendo observar também que o mesmo facilitava o acúmulo de partículas entre as duas camadas do módulo de membrana, com isso, objetivando a otimização da remoção dos parâmetros citados, decidiu-se optar pela modificação do material suporte.

Sobre o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH), observa-se que amplas faixas de TDH vêm sendo estudadas, mostrando mais sucesso entre na faixa entre 5 e 12 horas (JEONG, et al., 2007; MENG et al., 2007; WU et al., 2008). Os autores explicam que baixos valores desse parâmetro geral concentrações elevadas de polímeros extracelulares e concentração de sólidos, conferindo alta viscosidade. Com o crescimento excessivo de bactérias filamentosas no lodo em suspensão, acaba por interferir no processo de formação da membrana. Além disso, Viana (2004) ainda aponta que a produção de lodo é inversamente proporcional ao tempo de detenção hidráulica. Tendo em vista todos esses pontos, decidiu-se aumentar o tempo de detenção hidráulica na segunda bateria de experimentos para 8 horas.

Para os ensaios utilizando o segundo material citado, obtivemos valores relativamente melhores para os parâmetros analisados. Os valores de DQO do afluente utilizado foi de 943,5 mg.L⁻¹, no qual com o tratamento após serem feitas as modificações, obtivemos um permeado com DQO de 311,33 mg.L⁻¹, mostrando uma eficiência de 67%. Já o parâmetro de turbidez foi apresentado um resultado bem mais expressivo de remoção, no qual o afluente com 261,97 NTU teve uma remoção de 74.6%, obtendo um permeado com 66,38 NTU.

Observa-se, então, que o segundo material suporte utilizado se mostrou bem mais eficiente na remoção das impurezas presente no afluente. Outro fator que deve ser levado em consideração na análise dos resultados é a procedência da água residual, a qual por ser proveniente de uma instalação predial, possui suas variações de acordo com o comportamento dos residentes do mesmo, aliado a isso ainda temos as condições climáticas do local, onde com a chuva presente no período analisado aliado a falta de isolamento da tubulação de esgoto, faz com que haja interferência ainda nas águas residuais a serem tratadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante a presente pesquisa, que a tecnologia de Biorreator Anaeróbio de Membrana Dinâmica Submersa se mostra bastante eficiência no tratamento de águas residuais domésticas, porém se faz necessária a atenção ao tipo de material suporte utilizados para que sejam obtidos os melhores resultados possíveis. Pôde-se observar que o material não tecido Tyvek não é uma boa alternativa na utilização como material suporte na filtração, devido a falta de interação com a membrana dinâmica, prejudicando a coleta do permeado. Já a malha de polietileno com tamanho de poro 89 μm apresentou uma melhor resistência e interação com a membrana dinâmica, mostrando resultados bem melhores, e diante do esperado para o tempo de funcionamento, aliados ao aumento do Tempo de Detenção Hidráulica, como a remoção de 67% da DQO e 74.6% da Turbidez.

REFERÊNCIAS

- ALIBARDI, L. et al. Anaerobic dynamic membrane bioreactor for wastewater treatment at ambient temperature. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 284, p.130-138, jan. 2016.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed. Washington, DC. 2012.
- CAI, W. et al. Generation of dissolved organic matter and byproducts from activated sludge during contact with sodium hypochlorite and its implications to on-line chemical cleaning in MBR. **Water Research**, [s.l.], v. 104, p.44-52, nov. 2016
- DERELI, R. K. et al. Influence of high lipid containing wastewater on filtration performance and fouling in AnMBRs operated at different solids retention times. **Separation And Purification Technology**, [s.l.], v. 139, p.43-52, jan. 2015.
- ERSAHIN, M. E. et al. Applicability of dynamic membrane technology in anaerobic membrane bioreactors. **Water Research**, [s.l.], v. 48, jan. 2014.
- ERSAHIN, M. E. et al. Impact of anaerobic dynamic membrane bioreactor configuration on treatment and filterability performance. **Journal Of Membrane Science**, [s.l.], v. 526, mar. 2017.
- HU, Y. et al. Towards stable operation of a dynamic membrane bioreactor (DMBR): Operational process, behavior and retention effect of dynamic membrane. **Journal Of Membrane Science**, [s.l.], v. 498, p.20-29, jan. 2016.
- JEONG, T. Y. et al. Characteristics of bio-fouling in a submerged MBR. **Desalination**, v. 207, n. 1-3, 2007.

JIN, Z. et al. Improved low-carbon-consuming fouling control in long-term membrane-based sewage pre-concentration: The role of enhanced coagulation process and air backflushing in sustainable sewage treatment. **Journal Of Membrane Science**, [s.l.], v. 529, p.252-262, maio 2017.

MENG, F. et al. Effect of hydraulic retention time on membrane fouling and biomass characteristics in submerged membrane bioreactors. **Bioprocess Biosyst. Eng.**, v. 30, 2007.

MEZOHEGYI, G. et al., Direct sewage up-concentration by submerged aerated and vibrated membranes. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 118, p.1-7, ago. 2012.

VAN LIER, J.B.; VAN DER ZEE, F.P.; FRIJTERS, C.T.M.; ERSAHIN, M.E. Celebrating 40 years anaerobic sludge bed reactors for industrial wastewater treatment. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, ago. 2015.

VIANA, P. Z. **Biorreator com membrana aplicado ao tratamento de esgotos domésticos: avaliação do desempenho de módulos de membranas com circulação externa**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2004.

WU, J. et al. Effects of relaxation and backwashing conditions on fouling in bioreactor. **Journal of Membrane Science**, v. 324, n. 1-2, 2008.