

EFEITOS DE VARIAÇÕES OPERACIONAIS NO DESEMPENHO DE UM BIORREATOR ANAERÓBIO DE MEMBRANA DINÂMICA (BRANMD)

André Luiz Muniz Brito¹
Josivaldo Rodrigues Sátiro²
Maria Virgínia da Conceição Albuquerque³
Wilton Silva Lopes⁴

RESUMO

A atenção na tecnologia do Biorreator Anaeróbio de Membrana Dinâmica (BRAnMD) para o tratamento de esgotos e seus lodos provenientes de residências e indústrias está se tornando crescente devido a suas vantagens como o baixo custo da membrana, sua fácil manutenção, facilidade no controle do *fouling* e baixo consumo de energia. As pesquisas acerca da tecnologia do BRAnMD são relativamente recentes e ainda não há definição das condições ótimas de operacionalização. Entre os parâmetros de projeto, as pesquisas analisam as influências das concentrações de sólidos suspensos totais (SST), os tempos de retenção hidráulica (TDH) e celular (TRC), buscando melhor desempenho. No presente trabalho, baseado em pesquisa bibliográfica, investigou-se o efeito da variação dos três parâmetros citados na eficiência de remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Os resultados dos trabalhos analisados mostram remoções de 96, 98 e até 99% de DQO, com os melhores resultados conseguidos com concentrações de 5 até 10 g/L de SST, com TRC maiores que o TDH.

Palavras-chave: Digestão Anaeróbia, BRAnMD, Sólidos Suspensos Totais, DQO.

INTRODUÇÃO

¹ Mestrando do Curso de Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), andre.brito@aluno.uepb.edu.br;

² Doutorando do Curso de Engenharia Civil da Universidade da Beira Interior (UBI), Portugal, josivaldosatiroo@gmail.com;

³ Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), virginia.albuquerque@yahoo.com.br;

⁴ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), wiltonuepb@gmail.com.

As águas residuárias ou esgotos estão presentes nas sociedades humanas desde suas origens, quando o homem destinava suas excretas e outros resíduos nos corpos aquáticos. O esgoto é a água de abastecimento que foi utilizada nas diversas atividades humanas, advindas das residências (esgotos domésticos), das industriais (esgotos industriais) e das chuvas, entre outras origens, contendo constituintes de natureza física, química e biológica com diferentes graus de periculosidade, que sem devido tratamento são uma das principais causas da poluição ambiental.

Cada tipo de esgoto contém materiais orgânicos e inorgânicos diferentes e alguns tóxicos, e para cada um desses tipos são aplicados tratamentos específicos com a finalidade de diminuir ou eliminar os impactos ambientais associados com seu descarte (METCALF & EDDY, 2016). Embora os esgotos domésticos sejam constituídos por mais de 99,9% de água, a pequena porcentagem restante contém abundantes sólidos grosseiros e dissolvidos correspondentes à matéria inorgânica (areia, silte, sais inorgânicos, metais pesados), à matéria orgânica putrescível (biodegradável), ali incluídos numerosos microrganismos, entre eles patogênicos e diversos compostos tóxicos (VON SPERLING, 2005).

Seu lançamento sem tratamento no ambiente provoca forte impacto poluidor nos solos e nos corpos hídricos afetando, nestes últimos, a qualidade da água ao aumentar os sais e em especial os compostos de fósforo e nitrogênio que favorecem a proliferação de macrófitas, algas e cianobactérias potencialmente toxigênicas. Estas, além de liberar toxinas para o ambiente aquático causam variações do pH, da transparência e da concentração de oxigênio dissolvido entre outras modificações, com consequentes alterações das cadeias e teias e alimentares provocando eventuais morte de peixes e perdas das qualidades paisagistas, tornando difíceis de recuperar as condições iniciais. Todas essas mudanças dificultam o tratamento de potabilização e elevam seus custos pela necessidade de maior consumo de produtos químicos, com o agravante que o método convencional usado na maioria das estações de tratamento de água do Brasil não elimina diversos tóxicos, entre eles as cianotoxinas (DI BERNARDO *et al.* 2010).

Com o desenvolvimento das populações humanas e o consequente aumento da produção de esgotos foi necessário avanços no saneamento básico, desde a construção de canais para destinar os dejetos longe das cidades (China, Babilônia, Império Romano) seguido do desenvolvimento de tecnologias de tratamento que foram avançando com objetivos fundamentais na saúde pública e ambiental devido as

consequências ambientais geradas pelo seu descarte inadequado (METCALF; EDDY, 2016).

Na atualidade as Estações de Tratamento (ETEs) tratam os esgotos e seus lodos buscando reciclar a água, com recuperação e aproveitamento dos nutrientes e dos metais ali presentes, além de produzir energia a partir da matéria orgânica na forma de biogás que pode ser transformado em energia elétrica (1m^3 de biogás = 6,4 KWh). Essas ações permitem tornar a ETE autossustentável no aspecto energético, como ocorre em algumas ETEs na Holanda e no Canadá e em São Paulo (ETE de Barueri).

As ETEs foram desenvolvidas nos séculos XIX e XX. Por volta de 1900-1970, os objetivos gerais focavam na remoção dos sólidos e microrganismos patogênicos, além do tratamento de matéria orgânica biodegradável. Com diversas variantes de tratamento de esgotos e estudos e desenvolvimento para otimização da capacidade de remoção de matéria orgânica, na década de 1970, houve a concepção dos reatores anaeróbios compactos tais como o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo- UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor). Este representou um marco para o tratamento anaeróbio, pela sua eficiência e baixo custo. Contemporânea a tais concepções, por volta de 1980, se passou a considerar a remoção de constituintes com alto impacto no meio ambiente, entre eles os macronutrientes fósforo e nitrogênio (METCALF & EDDY, 2016).

As Membranas de filtração e os Biorreatores Anaeróbios de Membrana Dinâmica (BRAnMD) são sistemas modernos que combinam o tratamento biológico dos esgotos domésticos e de seus lodos. Comparados com o sistema lodos ativados convencional, os sistemas com membranas e entre eles o BRAnMD é considerada uma alternativa confiável e promissora para o tratamento de esgotos, devido ao menor consumo de energia, capacidade de receber alta taxa de carga orgânica, baixa produção de lodo e recuperação bioenergética. Entretanto, a retenção de sólidos e a baixa taxa de crescimento de biomassa se configuram desafios importantes no desenvolvimento inicial de um biorreator BRAnMD (HU *et al.* 2018).

A combinação do tratamento anaeróbio com a tecnologia de filtração por membrana, no sistema denominado Biorreator Anaeróbio de Membrana (BRAnM), se unem as vantagens dos processos com baixa produção de sólidos dos efluentes. Esses reatores vêm sendo aplicados com sucesso em várias escalas para manter os microrganismos anaeróbios fixos e em atividade (LIN *et al.* 2009).

Em um sistema onde há a recirculação/aproveitamento dos sólidos, os mesmos podem ser separados da fase líquida, manejando os conceitos de Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) e Tempo de Retenção Celular (TRC). O primeiro é a razão do volume de líquido no sistema por volume de líquido retirado do mesmo por unidade de tempo. Analogamente o TRC é dado pela razão de massa de sólidos por massa de sólidos retirada por unidade de tempo no sistema. A tecnologia BRAnMs e BRAnMD está sendo considerada uma alternativa apropriada por providenciar completa retenção de biomassa. O TDH e o TRC em BRAnMs podem ser controlados independentemente e pode ser aplicado para desenvolver um processo para tratamento de efluentes recalcitrantes, de indústrias e municípios (Von SPERLING, 2002; ERSAHIN *et al.* 2013; HU *et al.* 2018).

Processos anaeróbios de alta produção são caracterizados pela separação do TDH do TRC. O TRC elevado é o resultado da retenção efetiva da biomassa, amplamente facilitada pela (auto) imobilização das bactérias anaeróbias nos biofilmes das membranas formando parte de biofilme do lodo. É comumente aceito que a formação da camada da torta é o principal agente do *fouling* em membranas aeróbias e anaeróbias, na maioria dos casos. Assim, a resistência à filtração da camada da torta é responsável por mais de 80% da resistência total de filtração. Como o grau de crescimento dos microrganismos anaeróbios é muito menor do que os aeróbios são necessárias altas concentrações de biomassa (HU *et al.* 2018; ERSAHIN *et al.* 2013).

As células microbianas, moléculas orgânicas extracelulares e precipitados inorgânicos na superfície da membrana é um fenômeno comum, denominado *fouling*, que ocorre em durante a filtração nos BRAnMs. A matéria acumulada na superfície se torna mais densa ao longo do tempo e forma uma camada grossa denominada torta que comanda a formação do *fouling* e provoca a limitação do fluxo. Assim, de fato, a camada de torta é a principal barreira em sistemas de BRAnMs. A formação e uso efetivo desta torta em uma camada suporte, como malha ou pano de tecido que funcionem como filtro (ao invés da membrana tradicional) apresentam um novo conceito, chamado de filtração de membrana dinâmica (MD) (ERSAHIN *et al.* 2013).

Nessa concepção, a camada de torta formada pode funcionar como um filtro adicional (membrana secundária ou membrana dinâmica) devido a sua capacidade de rejeitar vários poluentes e microrganismos patogênicos, assim, as propriedades de rejeição são mais com a torta em vez da membrana subjacente, dependente da camada

de material de suporte mais baratos. Pode ser usada para membranas de microfiltração e ultrafiltração (MF/UF).

As camadas de membranas dinâmicas formadas podem ser usadas como principal filtro sobre o material de suporte, e podem trazer efetiva retenção tanto em biorreatores aeróbios como nos anaeróbios e até combinados, se destacando pelo baixo custo da membrana suporte, alto fluxo e fácil limpeza. A aplicação de BRAnMD ainda está em estágios iniciais, sendo poucos os países que aplicam em larga escala, apesar da tecnologia oferecer um tratamento de efluentes com bom custo-benefício.

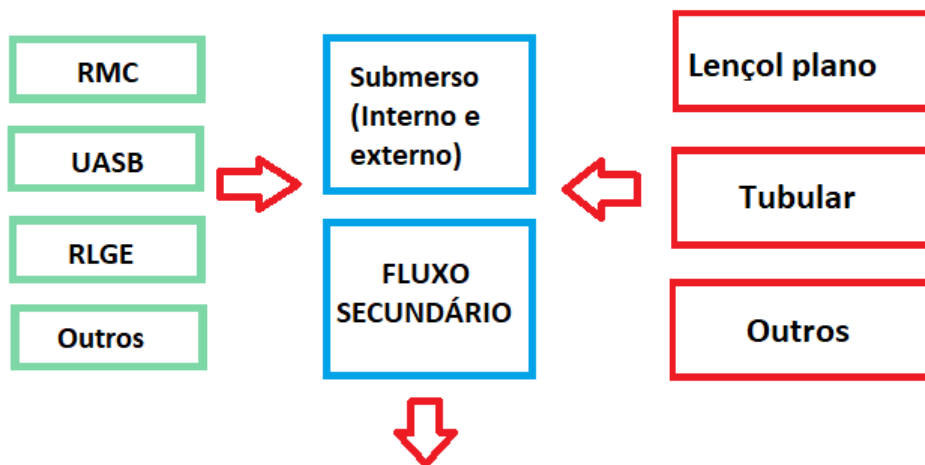
As áreas de pesquisas decorrentes do processo de BRAnMD focam no tratamento de vários tipos de esgotos, nos fatores influenciadores, na otimização do módulo da membrana e do biorreator anaeróbio, e na caracterização do lodo e da camada da MD e suas propriedades. Para uma efetiva formação e consolidação da camada da MD, a seleção do material suporte apropriado a respeito de sua estrutura como o tipo de fio, tamanho dos poros e disponibilidade e custos são importantes (ERSAHIN *et al.* 2013; HU *et al.* 2018). Um dos mais importantes benefícios da MD é que a própria membrana não é mais necessária, pelo fato da rejeição de sólidos ser acompanhado pela camada da membrana secundária, a qual é formada pela membrana dinâmica de auto-formação *in situ* (ERSAHIN *et al.* 2012).

Hu *et al.* (2018) afirmaram que os tipos de biorreatores anaeróbios incluem: reator de mistura completa (RMC), Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB) ou com manta de lodo de fluxo ascendente e o reator de leito granular expandido (RLGE), entre outros. Para módulos de membranas, existem três modelos típicos para escolha: fibra oca, lâmina fina e tubular. Baseando-se na localização entre o biorreator anaeróbio e o módulo da membrana, podem ser divididos em tipos submersos (incluindo submerso interno e externo submerso) e fluxo secundário, ou seja, uma membrana externa ao reator.

Figura 1: Diagrama esquemático mostrando as várias configurações do BRAnMD



Tipo de reator Configuração da Membrana Tipo de módulo



Configurações potenciais de BRAnMD

Fonte: Adaptado ERSAHIN *et al.* 2012.

Contudo, o objetivo do presente trabalho foi ordenar e analisar dados da literatura especializada sobre o efeito da concentração de sólidos suspensos totais e de longos tempos de detenção celular no desempenho de um Biorreator Anaeróbico de Membrana Dinâmica (BRAnMD) alimentado com lodo aeróbio de esgoto doméstico, na eficiência de remoção matéria orgânica, através da análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

METODOLOGIA

A pesquisa procedeu-se então a realização de um levantamento bibliográfico sobre o tema supracitado, consultando-se diversas plataformas de artigos científicos, como *Scielo*, *Science Direct*, plataforma *Cafe*, com artigos publicados no período de 2000 até 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 foi construída a partir do levantamento bibliográfico. Do total dos artigos consultados foram selecionados 16, cujos resultados são apresentados:

Tabela 1: Características de reatores tratando esgotos domésticos e porcentagens de remoção de DQO.

Autor	Reator	TDH (d)	TRC (d)	SST (g/L)	Remoção DQO(%)	Tempo de operação (d)
1- Liu <i>et al.</i> (2009)	BRMD (RMC)	-	-	3	78	-
2- Zhao <i>et al.</i> (2012)	BRMD (RMC) sub.	0,2- 0,25	30	<5,0 mg/L	93,95	-
3- Aquino <i>et. al.</i> (2006)	BRAnM	0,25	150	~3	96	150
4 – Saddoud <i>et al.</i> (2007)	BRMD (RMC)	0,625	25	≈4,5	90	140
5 - Ersahinet <i>al.</i> (2018)	RMC	10	40	6,4	99	150
6 Ersahinet <i>al.</i> (2013)	RMC	10	40	7,4	99	140
7 - Dagneu <i>et. al</i> (2017)	BRAnM	15	30	17	84	180
8 - Calderon <i>et al.</i> 2011	BRAnMD	0,25	30	0,07	92	-
9 – Robledo <i>et al.</i> (2009)	BRAnMD	0,125	100	0,68	87	-
10 - Xie <i>et al.</i> (2014)	BRAnMD	2,5	125	27,6	62,22	142
11 - Zhang <i>et al.</i> (2013)	BRAnMD	0,333	-	0,12	57,3	120
12 - Huang, <i>et al</i> (2008)	BRAnM RMC	12h	30	5,132	99,1	-
13 – Lin <i>et al.</i> ,(2009)	BRAnMD	5,8	230	8,3±1, 6	98	-
14 -Melo (2018)	BRAnMD	32	150	9,73	99	180
15 - Alibardiet <i>al.</i> (2014)	BRAnMD	2-7	200	13,5	65-92	65
16 - Wang <i>et al.</i> (2006)	BRAnMD	1	10	25-32	93,5	360

Fonte: O Autor (2021).

Os autores Xie *et al.* (2014) trabalharam com tratamento de lixiviados com membrana de tipo lâmina fina com malha (*mesh*) de 40 μ m a aproximadamente 37° C, com TDH de 2,5d e TRC de 125 d. Quando em operação estável (sem problemas operacionais e com desenvolvimento adequado dos microrganismos) obtiveram remoção de até 62,22% de DQO. Por outro lado, Ersahin *et al.* (2013) e Ersahin *et al.* (2018) utilizaram membranas de lamina fina submersas construídas com tecido de propileno (*mesh*: 10 μ m), com área de filtração de 0,018 m² e em operação a 35° C, com TRC's e TDH's de 40 e 10 dias, respectivamente. A diferença entre ambos foi a concentração de SST, que foram de 6,4g/L e 7,4 g/L nos trabalhos de anos 2013 e 2018 respectivamente, e obtiveram remoção de 99% de DQO nos dois trabalhos. Os resultados mostram que o aumento da concentração de SST na faixa 6 a 7 g/L não afetou a eficiência da remoção da matéria orgânica.

Zhang *et al.* (2010), com UASB tratando esgoto municipal com concentração de SST de 120mg/L, TDH e temperaturas relativamente baixas (8hs e 10-15° C, respectivamente) obtiveram remoção de DQO de 57,3 \pm 6,1%, utilizando membrana submersa com malha de poros 61 μ m. Uma possível explicação para a remoção da DQO inferior as anteriores pode ser a baixa temperatura de operação, não favorável para o pleno desenvolvimento da biota necessária para uma alta atividade biodegradação.

Como referência, será tomada como alta eficiência resultados com remoção de DQO >98%. Pode-se destacar que na maioria dos trabalhos incluídos na tabela 1 houve boa remoção de DQO, porém, os trabalhos que podem ser destacados pela alta eficiência são os de Melo *et al.* (2018), Lin *et al.* (2009), Huang *et al.* (2008) e Ersahin *et al.* (2013, 2018). Vale salientar, que as concentrações de SST nos trabalhos destacados, que contemplam valores na faixa de aproximadamente 5-10 g/L. Quando a concentração de SST se fez muito baixa (<3g/L), a remoção, em alguns casos, não foi satisfatória, como em Liu *et al.* (2009), Robledo *et al.* (2009) e Zhang *et al.* (2013), todos com percentuais de remoção de DQO menores que 90%. Tais resultados sugerem que para uma remoção satisfatória, a concentração do afluente deve ser observada, e pode indicar a possibilidade de uso de uma faixa de concentração de SST ótima para tal.

Dagnew *et al.* (2010) observaram as alterações de TDH e do TRC na influência da remoção da matéria orgânica utilizando tempos similares e aumentando o TRC, e obtiveram maior efetividade, quando o TDH = TRC = 15d, apresentou uma remoção de DQO de 73%, e quando houve aumento do TRC para 30d, foi possível analisar aumento

para 84% de DQO removida. Em tal ponto de vista dos tempos de retenção, confirma-se que a combinação de um baixo TDH e um relativamente alto TRC (de 30 a 150 dias) são condições efetivas para o alcance dos objetivos de remoção de DQO no tratamento de esgotos.

É importante destacar que ainda são necessários estudos do uso de TRC com valores não muito discrepantes do TDH, pelo fato de possivelmente seu alto valor (>200 d) e o baixo de TDH possivelmente sejam a causa do problema que ocasionou a baixa eficiência do tratamento, como em Alibardi *et al.* (2014) e Robledo *et al.* (2009). Elevadas eficiências de remoção com membranas se devem ao fato de que a DQO particulada pode facilmente ser removida através da adsorção e biodegradação por microrganismos, bem como pela retenção na própria membrana dinâmica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de membrana dinâmica se mostra promissora. Todos os trabalhos evidenciam operação relativamente fácil, manutenção viável e elevada eficiência. Comparando com o sistema de lodo ativado convencional, o biorreator de membrana dinâmica (BRMD) apresenta como vantagens o baixo gasto em manutenção e operação, com menor requerimento de energia. Também pode ser destacado o controle independente de TDH e TRC, o que permite o controle de longo TRC que propicia o crescimento adequado de microrganismos anaeróbios biodegradadores que possuem baixa taxa de crescimento.

Com a junção da filtração por MD com biorreatores anaeróbios, diversos tipos de configurações podem ser desenvolvidos e muito se tem avançado no tratamento dos esgotos e lodos com a recuperação e reciclagem de materiais ali presentes, assim como, na produção de energia que contribui com a auto sustentabilidade da ETE.

Mas, ainda há bastante a ser otimizado para obter melhores desempenhos desses reatores, focando na obtenção de melhorias na qualidade do efluente final. Tais resultados trazem a possibilidade de trabalhar com o tratamento do lodo secundário com baixas concentrações de SST produzido nas próprias ETEs.

O *fouling* é uma das ameaças presentes para qualquer tipo de filtração, e principalmente se forem usados os sistemas de membrana convencional com alto custo de manutenção, porém, métodos de limpeza podem ser aplicados para o seu controle

com bastante facilidade nos sistemas de MD. Até o momento, a literatura é escassa em trabalhos que foquem diretamente os processos de limpeza da membrana dinâmica.

Outra vantagem é que a espessura da torta pode ser controlada, por exemplo, pelas características do liquor misto e a tensão de cisalhamento na superfície de filtração. As características do lodo anaeróbio irão desempenhar um papel importante nas características da MD.

Apesar do rápido desenvolvimento de tais tecnologias nos últimos anos, algumas barreiras ainda são encontradas que impedem sua ampla difusão. Tendo em perspectiva a necessidade e possibilidade do aumento do uso do BRAnM e BRAnMD, sugerem-se pesquisas que contemplem problemáticas como: a escala, visto que a mais citada na literatura é a escala de bancada; maiores informações do *fouling* nas membranas e suas consequências em termos de custos operacionais e manutenção dos fatores limitantes, e desenvolvimento de metodologias melhoradas de recuperação energética, garantindo a auto sustentabilidade no processo das ETEs.

REFERÊNCIAS

ALIBARDI, L.; COSSU, R.; SALEEM, M.; SPAGNI, A. Development and permeability of a dynamics membrane for anaerobic wastewater treatment. *Bioresource Technology* 161 (2014) 236–244.

AQUINO, S.F. ; HU, A.Y.; AKRAM, A.; STUCKEY, D.C. Characterization of dissolved compounds in submerged anaerobic membrane bioreactors (SAMBRs), *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 81 (2006) 1894–1904.

BRASIL, Resolução CONAMA N° 430/2011 – “Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio. DOU de n° 92, de 16/05/2011, pag 89.<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 10 de junho de 2017.

CALDERON, K.; RODELAS, B.; CABIROL, N.; LOPEZ, J. G.; NOYOLA, A. Analysis of microbial communities developed on the fouling layers of a membrane-coupled anaerobic bioreactor applied to wastewater treatment. *Bioresource Technology* 102, pg. 4618–4627. 2011.

CINAR, O.; KIZILET, A.; ISIK, O.; CEMANOVIC, A.; VERAL, M. A.; DUMAN, S. A Review on Dynamic Membrane Bioreactors: Comparison of Membrane Bioreactors and Different Support Materials, Transmembrane Pressure. International conference on engineering and natural sciences. Sarajevo, 2016.

DAGNEW, M.; PARKER, W. J.; SETO, P. A pilot study of anaerobic Membrane digesters for concurrent thickening and digestion of waste activated sludge (WAS). *Water Science & Technology—WST*. 2010.

DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A. D. B. *Florações de algas e cianobactérias: suas influências na qualidade da água e nas tecnologias de tratamento*, São Carlos: LDIBE, 2010.

ERSAHIN, M. E.; OZGUN, H.; DERELI, R. K.; OZTURK, I.; ROEST, K.; van LIER, J. B. A review on dynamics membrane filtration: Materials, applications and future perspectives. *Bioresourcetechnology*, 122, pg. 196–206, 2012.

ERSAHIN, M. E.; OZGUN, H.; TAO, Y.; van LIER, J. B. Applicability of dynamics membrane technology in anaerobic membrane bioreactors. *Water research* 48, pg. 420-429, 2013.

ERSAHIN, M. E.; GIMENEZ, J. B.; OZGUN, H.; TAO, Y.; van LIER, J. B. Anaerobic dynamics membrane bioreactors for high strength wastewater treatment. 2018.

HO, J.; SUNG, S. Methanogenic activities in anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) treating synthetic municipal wastewater. *Bioresource Technology* 101, pg. 2191–2196. 2010,

HU, Y.; WANG, X. C.; NGO H. H.; SUN, Q.; YANG Y. Anaerobic dynamics membrane bioreactor (AnDMBR) for wastewater treatment: A review. *Bioresource Technology* 247, pg. 1107–1118, 2018.

HUANG, Z.; ONG, S. L.; NG, H. Y. Feasibility of submerged anaerobic membrane bioreactor (SAMBR) for treatment of low-strength wastewater. *Water Science & Technology—WST* | 58.10 | 2008.

JEISON, D.; van LIER, J. B.; Cake formation and consolidation: Main factors governing the applicable flux in anaerobic submerged membrane bioreactors (AnSMBR) treating acidified wastewaters. *Separation and Purification Technology* 56 pg. 71–78. 2006.

LIN, H.; PENG, W.; ZHANG, M.; CHEN, J.; HONG, H.; ZHANG, Y. A review on anaerobic membrane bioreactors: Applications, membrane fouling and future perspectives. *Desalination* 314, pg. 169–188. 2013.

LIN, H. J.; XIE, K.; MAHENDRAN, B.; BAGLEY, D. M.; LEUNG, K. T.; LISS, S. N.; LIAO, B. Q. Sludge properties and their effects on membrane fouling in submerged anaerobic membrane bioreactors (SANMBRs). *Water research* 43, pg. 3827–3837. 2009.

LIU, H.; YANG, C.; PU, W.; ZHANG, J. Formation mechanism and structure of dynamics membrane in the dynamics membrane bioreactor. *Chemical Engineering Journal* 148, PG. 290–295. 2009.

METCALF & EDDY. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5a ed. Porto Alegre, AMGH 2016.

MELO, Nathália Nunes de. Tratamento de Lodo em Biorreator Anaeróbio De Membrana Dinâmica. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

ROBLEDO, M. H.; SAGASTUME, J. M. M.; NOYOLA, A. Biofouling and pollutant removal during long-term operation of an anaerobic membrane bioreactor treating municipal wastewater. *Biofouling, The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*. Vol. 26, pp. 23–30. 2010.

SADDOUD, A.; ELLOUZE, M.; DHOUB, A.; SAYADI, S. Anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater in Tunisia. *Desalination* 207, pg. 205–215. 2007.

TRATA BRASIL. INAUGURADA ETE DE BARUERI: uma das maiores estações da América Latina <<http://www.tratabrasil.org.br/inaugurada-ete-de-barueri-uma-das-maiores-estacoes-da-america-latina>>. Acesso em: 01 de julho 2017.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed., DESA-UFMG, Belo Horizonte, 2005.

WANG, W.; JUNG, Y. J.; KISO, Y.; YAMADA, T.; MING, K. S. Excess sludge reduction Performance of anaerobic SBR process equipped with a submerged mesh filter unit. *Process Biochemistry* 41, pg. 745–751. 2006.

XIE, Z.; WANG, Z.; WANG, Q.; ZHU, C.; WU, Z.; An anaerobic dynamic membrane bioreactor (AnDMBR) for landfill leachate treatment: Performance and microbial community identification. *Bioresour. Technol.* 161, pp. 29–39, 2014.

YU H, WANG Q, WANG Z, SAHINKAYA E, LI Y, Start-Up of an Anaerobic Dynamic Membrane Digester for Waste Activated Sludge Digestion: Temporal Variations in Microbial Communities. *PLoS ONE*. v. 4, 2014.

ZHANG, X.; WANG, Z.; WU, Z.; LU, F.; TANG, J.; ZANG, L. Formation of dynamic membrane in an anaerobic membrane bioreactor for municipal wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal* 165, pg. 175–183. 2010.

ZHAO, T., 2012. Study on the performance of anaerobic self-forming dynamic membrane (AnSFDM) for wastewater treatment and mechanism of AnSFDM formation and fouling. Dissertation. Shandong University, China (In Chinese). Y. Hu et al. *Bioresour. Technol.* 247, (2018) 1107–1118.