Estudo sobre remoção de Nitrogênio e Fósforo de efluente de um Biorreator de Membrana (MBR)

Palavras-Chave: tratamento de esgoto, nutrientes, otimização.

Autores/as:

JOÃO ARTHUR VIEIRA PEREIRA DE CAMARGO [UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS]

Prof.ª Dr.ª (LUANA MATTOS DE OLIVEIRA CRUZ) [UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS]

INTRODUÇÃO:

Nitrogênio e Fósforo são dois dos mais importantes elementos do planeta Terra. Ambos servem como nutrientes para plantas e animais, que necessitam deles para crescerem e se desenvolverem.

Quando o Fósforo e o Nitrogênio se encontram em altas concentrações em corpos hídricos, eles causam o processo de eutrofização, em que há o crescimento elevado de algas nas superfícies aquáticas. A alta concentração de matéria orgânica e biomassa leva o consumo do oxigênio e a queda da sua concentração, gerando condições anaeróbias no ambiente aquático e afetando a fauna local (EPA, 2021; NOAA, 2021; USGS, [s.d.]). Também, algumas algas liberam muitas toxinas e podem elevar o crescimento bacteriano, tornando o consumo tanto das águas eutrofizadas, quanto de animais provenientes destas prejudiciais à saúde humana (EPA, 2021). Além do problema da eutrofização, quando a água com altos níveis de nitrato e nitrito é ingerida, doenças em humanos podem aparecer, como a Metomoglobinemia aguda, diabetes em crianças e risco de aborto espontâneo em gestantes, por exemplo (EPA, 2021; SANTOS, 2014).

Com base nisso, padrões sanitários mais rígidos estão sendo adotados para o tratamento de água de esgoto doméstico e industrial para despejo em e também para o seu reúso. Neste contexto, o reator biológico integrado a uma membrana de filtração (MBR – Membrane bioreactor) está sendo cada vez mais empregado neste ramo. Esta tecnologia ocupa menos espaço do que tratamentos utilizados tradicionalmente (como lodos ativados), produz água de boa qualidade e diminui a produção do lodo devido a facilitar a alta idade do lodo (EPA, 2007).

Embora a tecnologia já esteja consolidada e permita uma boa remoção de Nitrogênio e Fósforo, ainda é pouco aplicada com este intuito no Brasil, já que ainda não há legislações que estabeleçam um limite para parâmetros como nitrogênio e fósforo no que tange o reúso da água. Com base nisto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a remoção de nitrogênio e fósforo de efluentes domésticos por duas plantas de MBR, nas quais há o reúso do efluente tratado na própria planta, e comparar os resultados com os parâmetros sugeridos pelas legislações vigentes e textos correlacionados.

METODOLOGIA:

Para tal estudo, coletou-se amostras semanais (do dia 21 de março de 2022 ao dia 21 de junho de 2022) de duas plantas de MBR, denominadas A e B por questões de confidencialidade. Estas plantas tratam efluente doméstico e fazem o seu reúso, dentro da própria edificação, em vasos sanitários e para rega de jardins. As amostras coletadas foram realizadas na entrada do biorreator, após o tratamento preliminar, e na saída das membranas filtrantes, antes da cloração, na planta A. Na planta B, as amostras foram coletada na entrada do biorreator, assim como na planta A, entretanto, as coletas de saída do MBR foram feitas após a cloração. Além das coletas semanais, duas coletas compostas foram realizadas, uma na planta A (dia 13 de junho de 2022 das 9:40 às 15:00) e outra na planta B (dia 06 de junho de 2022 das 9:20 às 14:55), de modo obter uma "média" da qualidade dos efluentes da planta, já que as coletas normais foram feitas em horários distintos e a composição do efluente muda.

As amostras, levadas ao Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, foram submetidas a análises cujos parâmetros foram: pH, turbidez, condutividade, alcalinidade, sólidos suspensos totais e voláteis, demanda química de oxigênio total e solúvel (DQO), nitrogênio nitroso ($\mathrm{N-NO_2^-}$), nitrogênio nítrico ($\mathrm{N-NO_3^-}$), nitrogênio amoniacal ($\mathrm{N-NH_3}$), nitrogênio total Kjeldahl (NTK – nitrogênio amoniacal somado ao orgânico) e fósforo total.

Todos os dados foram compilados de forma que fosse possível uma avaliação das influências dos parâmetros no que tange a remoção de nitrogênio e fósforo. Além disso, foi feita uma caracterização das espécies, no caso do nitrogênio, contidas nas amostras. Também, buscou-se quantificar o quanto a remoção dos nutrientes foi efetiva. Ademais, sugestões para pesquisas futuras foram feitas, de forma a investigar os fenômenos encontrados na presente pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados das análises para todas as amostras (incluindo a composta), cujo valor é uma média dos dados obtidos. As tabelas também contêm os respectivos desvios padrões para as médias e estão divididas para cada planta.

Tabela 1: Valores de entrada e saída dos parâmetros destacados para a Planta A.

Parâmetro	Planta A					
	Entrada			Saída		
	Composta	Média	Desvio Padrão	Composta	Média	Desvio Padrão
pH	9,7	6,3	1,2	7,8	7,5	0,3
Turbidez (NTU)	360	450	330	1,5	1,2	0,70
Condutividade (µS/cm)	2020	1603	268	1310	1285	245
Alcalinidade (mg $\mathrm{CaCO_3}$/L)	647	230	147	133	112	43
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	362	387	186	2,5	2,0	1
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	362	382	187	2,5	1,9	1

Demanda Química de Oxigênio Total (mg O_2/L)	2180	2249	1167	62	< 48	*
Demanda Química de Oxigênio Solúvel (mg O_2/L)	795	1134	507	< 48	< 41	*
$N - NO_2^-$ (mg/L)	0,3	0,1	0,1	1,8	< 0,25	*
$N - NO_3^-$ (mg/L)	0,6	< 0,7	*	4,5	< 6,5	*
$N - NH_3$ (mg/L)	55,3	41,5	17,4	0,9	< 0,8	*
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	102,5	83,2	23,0	4,1	5,8	3,5
Fósforo Total (mg/L)	26,1	25,0	16,1	0,2	1,6	1,8

*Obs: Desvio padrão não é aplicável pois os valores se apresentam na forma de aproximações.

Tabela 2: Valores de entrada e saída dos parâmetros destacados para a Planta B.

Parâmetro	**Planta B**					
	Entrada			**Saída**		
	Composta	**Média**	**Desvio Padrão**	**Composta**	**Média**	**Desvio Padrão**
pH	6,7	6,4	0,3	7,8	7,0	1,0
Turbidez (NTU)	360	550	450	0,90	1,9	1,3
Condutividade (µS/cm)	1325	1282	206	1190	1171	147
Alcalinidade (mg $CaCO_3$/L)	279	207,7	47,3	279	229,8	83,4
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	1059	841	651	1,3	3,4	4,2
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	1000	811	643	1,1	2,9	2,9
Demanda Química de Oxigênio Total (mg O_2/L)	1134	2184	1125	< 48	< 51	*
Demanda Química de Oxigênio Solúvel (mg O_2/L)	366	734	403	< 48	< 45	*
$N - NO_2^-$ (mg/L)	0,02	< 0,03	*	0,03	< 2,3	*
$N - NO_3^-$ (mg/L)	< 0,5	< 0,5	*	< 0,5	< 2,2	*
$N - NH_3$ (mg/L)	39,0	35,8	14,6	32,5	28,9	17,2
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	94,5	113,7	61,6	32,5	32,0	14,9
Fósforo Total (mg/L)	17,9	23,0	10,8	1,1	1,1	1,6

*Obs: Desvio padrão não é aplicável pois os valores se apresentam na forma de aproximações.

As Figuras 1 e 2 mostram os gráficos relacionados as parcelas de nitrogênio total da entrada e saída das plantas A e B, respectivamente, para a média de todas as amostras.

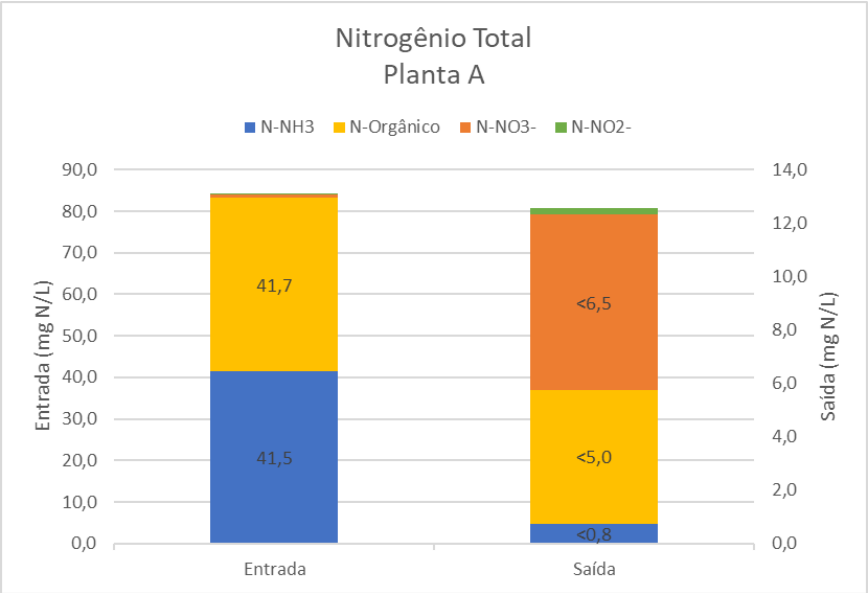

Figura 1: Gráfico dos valores de entrada e saída de Nitrogênio Total e suas frações para a Planta A. Valores de $N - NO_2^-$ vitualmente ausentes na entrada e saída da planta. Valor de $N - NO_3^-$ virtualmente ausente na entrada.

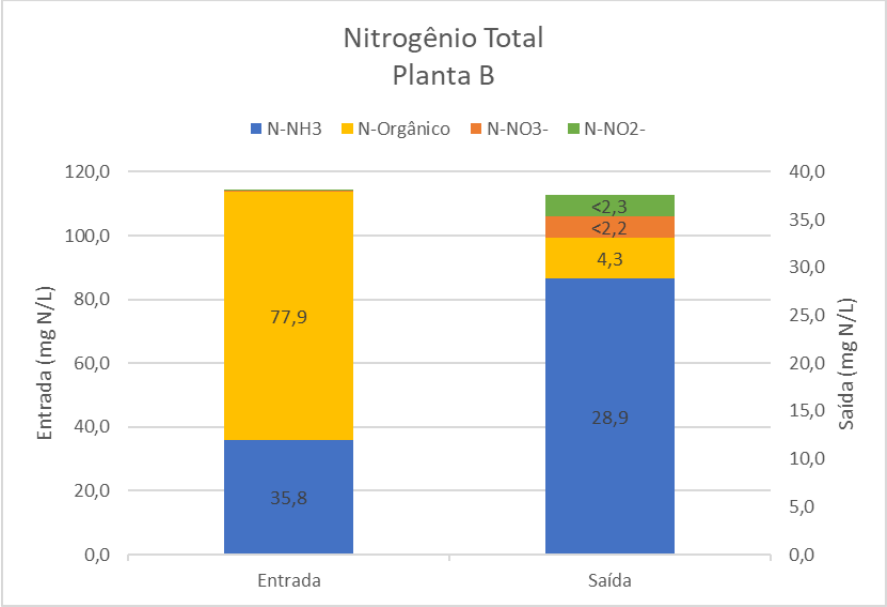

Figura 2: Gráfico dos valores de entrada e saída de Nitrogênio Total e suas frações para a Planta B. Valores de $N - NO_2^-$ e $N - NO_3^-$ vitualmente ausentes na entrada da planta.

A partir dos dados das Tabelas 1 e 2, verifica-se uma alta performance do MBR para remoção de matéria orgânica (maior que 97% de remoção de DQO para a planta A e B), devido aos baixos valores de turbidez, sólidos suspensos e de DQO (muitas vezes, abaixo da curva de detecção do método) na saída do biorreator em relação a entrada.

Quanto aos compostos nitrogenados, percebe-se diferenças na remoção feita pelas duas plantas. Na planta A, observa-se que na entrada há altos teores de nitrogênio nas fases orgânica e amoniacal. Na saída, estas concentrações caem muito, sendo notado, em maiores quantidades, nitrogênio nítrico e

orgânico. Vê-se, portanto, que há remoção de nitrogênio no biorreator (cerca de 85%), sendo que há um aumento da concentração de nitrogênio nítrico. Na planta B também há remoção de nitrogênio, embora menor (por volta de 68%), entretanto, de uma forma diferente. Nota-se também altas concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal, assim como na planta A. Na saída, em contraposição, percebe-se que o nitrogênio amoniacal não é totalmente removido. Isto pode ocorrer, pois nitrogênio orgânico pode estar sendo convertido em amônia e uma parte desta amônia sendo removida em forma de gás nitrogênio, restando ainda nitrogênio amoniacal no efluente de saída. Segundo a empresa, nitrogênio orgânico se encontra em altas concentrações no efluente de entrada porque são utilizados produtos de limpeza com altos teores do mesmo nas plantas. A composição destes produtos pode, além disso, afetar negativamente a performance das bactérias presentes no lodo, diminuindo a eficiência do MBR quanto a remoção de nitrogênio.

Em relação a remoção de fósforo, observa-se uma alta performance do MBR (cerca de 93% para a planta A e 95% para a planta B), já que as concentrações na saída da planta A e B são muito baixas em relação as de entrada. Este fósforo pode estar sendo removido biologicamente, ou seja, sendo incorporado nas bactérias, ou sendo adsorvido no lodo, cabendo mais estudos a serem feitos futuramente.

Os dados das amostras semanais são corroborados pelas amostras compostas, que apresentam a mesma tendência observada.

CONCLUSÕES:

Por fim, pode-se concluir que a remoção de nitrogênio e fósforo estão ocorrendo no MBR das plantas estudadas. Entretanto, na planta B, nitrogênio amoniacal ainda é encontrado em altas concentrações, cabendo à empresa e às possíveis pesquisas futuras estudar quais as prováveis causas do problema. Também, outro ponto a ser estudado seria como ocorre a remoção do fósforo, a fim de que outros estudos na área adquiram mais conhecimento sobre a mesma.

BIBLIOGRAFIA:

EPA. Wastewater Management Fact Sheet: Membrane Bioreactors. p. 1–9, 2007.

EPA. **Nutrient Pollution**. Disponível em: <https://www.epa.gov/nutrientpollution>. Acesso em 08 de julho de 2022.

NOAA. **What is eutrophication?** Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>. Acesso em 08 de julho de 2022.

SANTOS, C. E. M. DOS. Nitratos e Nitritos. **Núcleo de Pesquisas em Avaliação de Riscos Ambientais**, v. 1, p. 1–2, 2014.

USGS. **Nutrients and Eutrophication**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/nutrients-and-eutrophication?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em 08 de julho de 2022.