



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

YANNA LAURA FERREIRA RAMALHO

**APLICAÇÃO DE ANMBR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO A
DIMINUIÇÃO DA CARGA ORGÂNICA**

JOÃO PESSOA

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
YANNA LAURA FERREIRA RAMALHO

**APLICAÇÃO DE ANMBR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO A
DIMINUIÇÃO DA CARGA ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Química Industrial apresentado à Universidade Federal da Paraíba – Campos I, a ser utilizado como exigência para aprovação em TCC e obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Rennio Felix de Sena

Orientando: Yanna Laura Ferreira Ramalho

JOÃO PESSOA

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R165a Ramalho, Yanna Laura Ferreira.
APLICAÇÃO DE ANMBR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES
VISANDO A DIMINUIÇÃO DA CARGA ORGÂNICA / Yanna Laura
Ferreira Ramalho. - João Pessoa, 2023.
33 f.

Orientação: Rennio Felix de Sena.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Biorreator, Efluente, Membrana, Água. I. Sena,
Rennio Felix de. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 66.01

Elaborado por ONEIDA DIAS DE PONTES - CRB-15/198

**APLICAÇÃO DE ANMBR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO A
DIMINUIÇÃO DA CARGA ORGÂNICA**

YANNA LAURA FERREIRA RAMALHO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) vinculado ao curso de Química Industrial, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

RESULTADO: Aprovada NOTA: 9,5

João Pessoa, 03 de agosto de 2023.

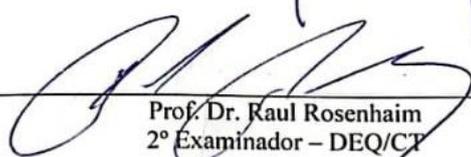
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rennio Felix de Sena
Orientador – DEQ/CT



Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
1º Examinador – DECA/CT



Prof. Dr. Raul Rosenhaim
2º Examinador – DEQ/CT

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nunca me abandonar e sempre se fazer presente na minha vida e em toda a minha graduação, sempre me guiando e iluminando os meus passos, às minhas avós Rita e Vilani (in memoriam), que puderam ver um pouco dessa realização e vibraram comigo cada conquista inicial.

Em especial aos meus pais Manoel Carlos e Lucineide, meu irmão Yann Thalles, meus tios e primos que sempre me incentivaram e me apoiaram para realização desse sonho. Aos meus amigos de graduação que passaram comigo noites em claro estudando, assim como também à minha equipe de Laboratório, Carlos e Ana Paula.

Aos meus amigos pessoais, em especial Tayná, que aguentou todo o meu processo de tensão e ao meu namorado, por sempre acreditar no meu potencial e estar ao meu lado.

A todos os professores que passaram na minha vida durante a minha graduação, que foram profissionais de extrema importância para minha graduação, destacando o professor Dr. Rennio Sena, que me orientou durante este trabalho de conclusão, junto à Simone, técnica do Laboratório LTQ.

E a todos que de certa forma, me ajudaram no processo de desenvolvimento profissional e conclusão de curso.

RESUMO

O presente trabalho relata o desempenho de um biorreator anaeróbio de membrana no tratamento de águas residuárias domésticas (coletadas na Residência Universitária da Universidade Federal da Paraíba - UFPB) , operado com o objetivo da remoção de matéria orgânica, permitindo a eliminação de compostos diversos em potencial originados do lançamento de esgotos. Com o aumento da população e conseqüentemente da utilização da água, muitas vezes de maneira errônea, temos o aumento da escassez da mesma , com isso, tornou-se necessário a aplicação de novos métodos de tratamento que pudessem amenizar tais impactos.

Dessa forma , surge a aplicação do Biorretor Anaeróbio de Membrana (AnMBR) , o qual oferece uma maior qualidade ao efluente, permitindo que fique livre de contaminantes , por ter uma maior eficiência de tratamento e completa retenção da biomassa. Bem como um baixo custo financeiro quando comparado a demais tipos de tratamento , menor custo de energia e fácil controle de incrustação.

Palavras chaves: Biorreator;Efluente; Membrana; Água.

ABSTRACT

The present work reports the performance of an anaerobic membrane bioreactor in the treatment of domestic wastewater (collected at the University Residence of the Federal University of Paraíba - UFPB), operated with the objective of removing organic matter, allowing the elimination of potentially diverse compounds originating from the release of sewage.

With the increase in population and consequently the use of water, often erroneously, we have an increase in its scarcity, with that, it became necessary to apply new treatment methods that could mitigate such impacts.

In this way, the application of the Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) arises, which offers a higher quality to the effluent, allowing it to be free of contaminants, due to its greater treatment efficiency and complete retention of the biomass. As well as a low financial cost when compared to other types of treatment, in addition to having a low cost of the membrane module, lower energy cost and easy fouling control.

Keywords: Bioreactor; Effluent; Membrane; Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Configuração de Biorreatores de Membrana Anaeróbio;

Figura 2 – Biorreator de Membrana Anaeróbio utilizado na Pesquisa;

Figura 3 - Espectrofotômetro DR 6000;

Figura 4 – Reator / Digestor DR 200;

Figura 5 – Espectrofotômetro Pastel-UV.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Demanda Química de Oxigênio (DQO) – HACH;

Gráfico 2 – DQO – Análise Espectrofotométrica

Gráfico 3 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – Análise Espectrofotométrica;

Gráfico 4 – PH – Amostra Bruta;

Gráfico 5 – PH – Amostra Filtrada;

Gráfico 6 – PH – Amostra do Permeado;

Gráfico 7 – Análise de Sólidos Suspensos Totais do Lodo (g/L).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metodologia e frequência dos parâmetros utilizados;

Tabela 2 – Tabela de resultados;

Tabela 3 – Análise Fósforo Total (mg/L);

Tabela 4 – Análise Nitrogênio Total (mg/L).

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 BIORREATOR DE MEMBRANA ANAERÓBIO (ANMBR).....	14
3.2 MEMBRANA DO REATOR.....	15
3.3 PARÂMETROS ANALÍTICOS DE IMPORTÂNCIA PARA O PRESENTE ESTUDO.....	17
3.3.1 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO.....	17
3.3.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	17
3.3.3 NITROGÊNIO TOTAL.....	17
3.3.4 FÓSFORO TOTAL.....	17
3.3.5 PH	18
3.3.6 CONDUTIVIDADE	18
4. METODOLOGIA.....	19
4.1 PESQUISA.....	19
4.1.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	19
4.1.2 ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS.....	22
5. DISCUSSÃO E RESULTADOS	Erro! Indicador não definido. 23
5.1 RESULTADOS DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	23
5.2 RESULTADOS DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	25
5.3 PH.....	25
5.4 ANÁLISE DE FÓSFORO E NITROGÊNIO.....	27
5.5 ANÁLISE DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	28
6. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Entende-se que grande parte da superfície do planeta é preenchida pela água, entretanto, apenas uma porção mínima dela está disponível para a utilização humana. A água é um recurso fundamental para o desenvolvimento de uma nação, visto que, é um insumo essencial utilizado nas diversas atividades do cotidiano humano . No entanto, a utilização inadequada e indiscriminada deste bem pode acarretar a deterioração da qualidade e diminuição da quantidade dele.

Dessa forma , agravando a escassez de água no mundo, resultante da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef, 2019) , pelo menos 50% da população do planeta Terra tem acesso à água, e essa escassez é sentida principalmente pela população mais carente , além de sofrerem também pela falta do saneamento básico.

Dados apresentados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), em 2017, estima-se que 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável e disponível em casa; e 4,5 bilhões de pessoas carecem de saneamento seguro. Devido a esse cenário de escassez e desigualdade, surgem diversos tipos de tratamentos de resíduos orgânicos e águas residuais, e com eles a aplicação do Biorreator de membrana anaeróbio (AnMBR) .

Os biorreatores de membrana anaeróbio oferecem uma maior qualidade ao efluente, permitindo que fique livre de sólidos e patógenos , por ter uma maior eficiência de tratamento e completa retenção da biomassa. (DERELI et al., 2012). Além de ter um custo financeiro menor que os biorreatores de membrana aeróbia menor custo de energia e fácil controle de incrustação.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o processo do Biorreator de Membrana Anaeróbio (AnMBR) aplicado ao tratamento de efluentes, gerados para a remoção de matéria orgânica, permitindo a eliminação de compostos diversos .

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o tratamento de esgoto por AnMBR avaliando a influência do pH, da concentração de matéria orgânica entre outros parâmetros sobre a eficiência do processo;
- Avaliar a eficiência do AnMBR para a remoção de matéria orgânica presentes no esgoto sanitário.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A contaminação das águas é um problema que apresenta riscos não só para a saúde humana, como também para o meio ambiente. Nesse sentido, monitorar a qualidade da água faz-se necessário para verificação dos contaminantes emergentes que vêm comprometendo este recurso e para que se possa atingir a sustentabilidade, ensejando um comportamento positivo nos setores de pesquisa e desenvolvimento.

Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), em 2017, estimam que 2,1 bilhões de pessoas não tem acesso a água potável ; e 4,5 bilhões de pessoas carecem de saneamento seguro. O esgoto residencial é um fator muito complexo para se trabalhar quando refere-se ao ponto analítico, pois pode conter diversidade de compostos orgânicos e inorgânicos.

Segundo o Manual de Saneamento, disponibilizado pelo Ministério da Saúde (2004), cerca de 70% dos sólidos nos esgotos são de origem orgânica, apresentando sempre na composição Carbono, Hidrogênio e Oxigênio e algumas vezes Nitrogênio. Sendo os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos constituídos também por proteínas, carboidratos, gorduras, ureia e fenóis (originados de despejos industriais), além de óleos, etc. Em decorrência disso, conforme Ahmed et al. (2017), uma variedade de tecnologias está relatada na literatura, havendo a combinação de tratamentos biológicos e físico-químicos para melhorar a degradação de poluentes. Por isso, surgem a necessidade de novos tipos de tratamentos de resíduos orgânicos e águas residuais, e assim desenvolve-se a utilização e aplicação do Biorreator de membrana anaeróbio (AnMBR) .

Aplicações do tipo BRM (biorreator de membrana) por produzir um permeado de alta qualidade, tem provocado um elevado interesse e destaque em uma das alternativas de tratamento utilizadas promovendo a remoção de contaminantes emergentes em matrizes aquáticas de diversos países (JIANG et al., 2018).

3.1 BIORREATOR DE MEMBRANA ANAERÓBIO (AnMBR)

O termo “biorreator de membrana” aplica-se a todos os processos de tratamento de águas residuais integrando uma membrana permeável e seletiva com um processo biológico. Essa tecnologia aplica-se tanto para efluentes sanitários municipais, efluentes industriais e até no tratamento de lixiviado de aterros sanitários (JUDD, 2011).

Embora destaque-se mais processos de separação envolvendo BRM sejam do tipo aeróbio, os projetos do tipo anaeróbio (AnMBR) também apresentam realce em estações de tratamento de esgotos e de efluentes. Os AnMBR's combinam digestão anaeróbia com o processo de separação por membrana e, têm sido utilizados no tratamento de águas residuais a fim de

garantir uma melhoria no efluente, juntamente com a produção de Metano (DHAR et al., 2013).

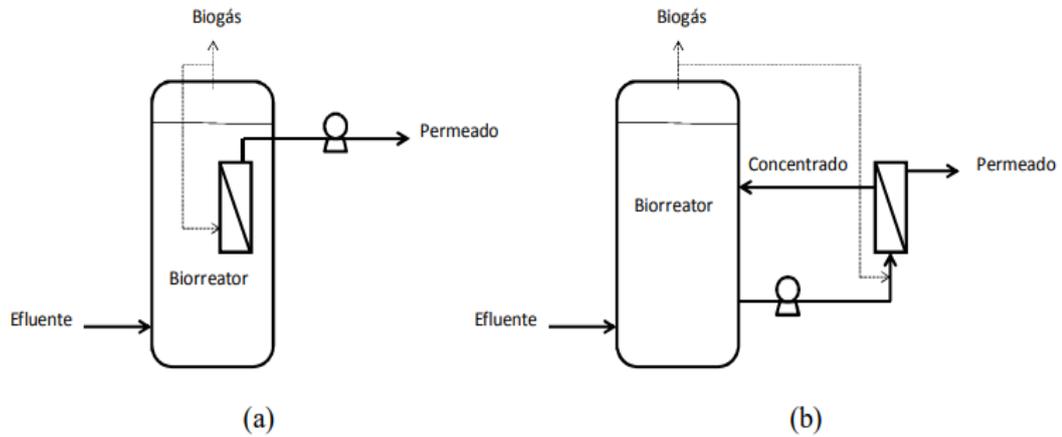
O tratamento anaeróbio apresenta algumas vantagens em relação ao aeróbio. McCarty (1964) confirma que, enquanto no tratamento aeróbio grande parte da matéria orgânica pode converter-se em outras formas (novas células), em que a disposição do lodo ainda representa um grande problema, no tratamento anaeróbio a maior parte dos materiais biodegradáveis é de fato estabilizada e convertida a gás metano. Assim como também, o baixo requerimento de nutrientes (N e P), reduzido consumo de energia por não haver fornecimento de oxigênio, baixa custos de implantação, demanda de área reduzida e geração de gás metano (MCCARTY, 1964; LETTINGA et al., 1980; BECCARI et al., 1996; CHERNICHARO, 2007).

Todavia o tratamento anaeróbio apresenta desvantagens como: menores eficiências de remoção de matéria orgânica e nutrientes em relação ao tratamento aeróbio e problemas como: odores desagradáveis, lentidão no processo de partida na ausência de lodo adaptado (LETTINGA et al., 1980; CHERNICHARO, 2007) e dificuldade de lidar com altas variações de carga em reatores anaeróbios de alta taxa (LEITÃO et al., 2006).

3.2 MEMBRANA DO BIORREATOR

O módulo escolhido para a pesquisa foi do Biorreator de membrana anaeróbio submerso (imagem 1.a), o qual possui o módulo ou feixe de membrana imerso no tanque de aeração e o filtrado, normalmente, é succionado através das paredes da membrana, existindo também o módulo pressurizado (imagem 1.b), onde o módulo é submerso em um tanque externo ao tanque biológico, o que facilita a limpeza da membrana.

Figura 1 – Configuração de Biorreatores de Membrana Anaeróbio



Fonte: Chang (2014)

Em analogia ao módulo pressurizado, o módulo submerso apresenta-se em vantagem pelo consumo de energia em menor quantidade, isso porque a membrana de filtração dentro do biorreator elimina a necessidade de recirculação do sólido, além dos procedimentos para limpeza da mesma apresentarem métodos menos rigorosos e condições de operação mais leves.

Figura 2 – Biorreator de Membrana Anaeróbio utilizado na Pesquisa.



Fonte: Autora (2022)

Uma das desvantagens da utilização do processo de tratamento com biorreatores de membrana anaeróbia é a formação de incrustações, as quais podem aumentar a resistência da filtração, reduzir o fluxo do permeado e precisar de possíveis limpezas com uma frequência maior, assim amenizando a vida útil da membrana. Essas incrustações internas geralmente são irreversíveis, todavia quando são do tipo reversíveis, podem utilizar-se mecanismos físicos, químicos ou lavagem contracorrente para limpeza, mas dificilmente poderá ser removida por completo.

3.3 PARÂMETROS ANALÍTICOS DE IMPORTÂNCIA PARA O PRESENTE ESTUDO

3.3.1 Demanda Química de Oxigênio

A análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO) é feita para medir o equivalente de oxigênio do material orgânico que está presente no efluente, o qual será oxidado quimicamente utilizando dicromato em solução ácida (METCALF e EDDY, 2016), mas no presente estudo foi feito pelo equipamento espectrofotômetro Pastel-Uv.

3.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é o parâmetro que envolve a medida do oxigênio dissolvido utilizado por microorganismos durante a oxidação bioquímica da matéria orgânica (METCALF e EDDY, 2016). É utilizado como indicador de qualidade da água, além de avaliar a quantidade de oxigênio que foi consumido pelos microorganismos no processo de decomposição. (CARMO et al., 2013).

3.3.3 Nitrogênio Total

Conforme Metcalf e Eddy (2016), o monitoramento de nitrogênio é necessário para avaliação da tratabilidade do esgoto por processos biológicos. E, os níveis de nitrogênio no efluente das estações de tratamento de águas residuais são regulados para mitigar os possíveis efeitos da descarga de nitrogênio nos recursos hídricos (PARK et al., 2015).

3.3.4 Fósforo Total

De acordo com Cavalcanti (2009), o fósforo pode ser encontrado em soluções aquosas como: ortofosfato, polifosfato e o fósforo orgânico. Os ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) são provenientes de produtos como detergentes e fertilizantes.

De acordo com Von Sperling (2005), a presença do fósforo pode apresentar-se na forma de sólidos em suspensão ou sólidos dissolvidos. Sendo um nutriente fundamental para o desenvolvimento dos microorganismos que estabilizam a matéria orgânica.

Na maioria das águas residuais que apresentam tratamento por processos biológicos, o fósforo não é removido completamente, tanto as plantas convencionais quanto para os biorreatores de membranas (JUDD, 2006).

3.3.5 PH

O Potencial Hidrogeniônico (pH) representa a quantidade de íons hidrogênio, apontando o nível de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2005).

$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \rightarrow$ Cálculo do Potencial Hidrogeniônico (Equação 1)

3.3.6 Condutividade

A condutividade elétrica é a capacidade de condução de uma corrente elétrica por parte do esgoto através de minerais inorgânicos diluídos na solução (ALBORNOZ, 2017).

4. METODOLOGIA

4.1– PESQUISA

Para obtenção dos resultados , as análises foram feitas em um período referente à 6 meses, todas as análises foram feitas no Laboratório de Carvão Ativado da UFPB e no LTQ. Essas foram: DQO, DBO, pH, Turbidez, Condutividade, Fósforo e Nitrogênio, seguindo o procedimento de análise disponibilizado pela HACH.

Inicialmente as amostras de efluentes foram coletadas numa ETE (Estação de tratamento de esgoto) em João Pessoa – PB, onde foi armazenada no Reator de Membrana Anaeróbio (sem presença de oxigênio), onde a cada semana retiramos uma amostra e fazemos análises da amostra bruta (coletada), amostra filtrada (amostra bruta filtrada no Papel Filtro) e amostra permeada (amostra retirada do AnMBR) . Em outros momentos, as amostras de esgotos foram coletadas na Residência Universitária da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, a cada vinte dias.

4.1.1 – ANÁLISES FÍSICO - QUÍMICAS

Para as demais análises ,como a de Fósforo , foi feito o método por digestão com Persulfato Ácido , onde as amostras foram diluídas de 4:1 , logo em seguida foi adicionada 5 mL de cada amostra até o frasco de fósforo total , apenas o branco é adicionado 5mL de água destilada ao frasco de fósforo total, adicionamos o sachê de pó de persulfato de potássio para fosfato no frasco e depois foi agitado, em seguida deixamos 30 minutos à 150°C no reator, após isso espera-se o tempo de restabelecer a temperatura ambiente para adicionar 2mL de solução Padrão de Hidróxido de Sódio 1,54N ao frasco e misturá-lo , e seguida lemos o branco e logo após colocamos o sachê de pó PhosVer 3 ao frasco , agita-se por 30 segundos , espera 30 minutos e por último é feito a leitura de todas as amostras no Espectrofotômetro , coletando os resultados em mg/ L PO₄³⁻.

Para a análise de Nitrogênio , seguindo o procedimento experimental da Hach , primeiramente adiciona-se o sachê de persulfato , em seguida é adicionado

2mL da amostra no mesmo tubo de ensaio , agita-se e após fica no reator por 30 minutos, é adicionado outro reagente e agitado , em seguida, é adicionado outro reagente em pó e agita-se por 15 segundos, seguidos 2 minutos coloca-se no tubo de ensaio o último reagente , agita-se novamente e por fim , é feito a leitura no Espectrofotômetro DR 6000 para obter o resultado final de Nitrogênio Total.

A análise de DQO foi feita a partir da oxidação da matéria orgânica na presença de dicromato de potássio em meio ácido no reator HACH DRB 200, onde as amostras ficam por 2 horas à 150 °C e posteriormente é realizado a leitura no espectrofotômetro HACH DR 6000.

Tabela 1 – Metodologia e frequência dos parâmetros utilizados

VARIÁVEIS	MÉTODOS	FREQUÊNCIA
DQO	HACH / Pastel UV	Semanal
DBO	Pastel UV	Semanal
FÓSFORO	HACH	Semanal
NITROGÊNIO	HACH	Semanal
SÓLIDOS TOTAIS	Pastel UV / Secagem	Semanal
CONDUTIVIDADE	Conduvímetero	Diária
TURBIDEZ	Turbidímetro	Diária
PH	Phmetro	Diária

Fonte: Autora (2023)

Figura 3 - Espectrofotômetro DR 6000



Fonte : Autora (2022)

Figura 4 – Reator / Digestor DR 200



Fonte : Autora (2023)

4.1.2 ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

Diariamente, foram feitas análises no equipamento Espectrofotômetro Pastel UV, com o objetivo de analisar a carga de matéria orgânica presente no Reator de membrana anaeróbio, o mesmo realiza o teste da qualidade de efluentes para COD (Demanda química de Oxigênio), DBO (Demanda biológica e Oxigênio), TSS (Sólidos Suspensos Totais), TOC (Carbono Orgânico Total), NO₃ (Nitrato) e SUR (Surfactantes), controle e medição de efluentes urbanos, estações de tratamento de efluentes e águas naturais. Vale ressaltar a vantagem de utilizar o mesmo para análises devido o tempo de leitura , o qual em menos de 2 minutos apresenta o resultado final dos parâmetros citados anteriormente .

Figura 5 – Espectrofotômetro Pastel-UV



Fonte : Autora (2023)

5. DISCUSSÃO E RESULTADOS

A pesquisa foi feita em um período de seis meses, com dois pontos de coleta (Estação de Tratamento de Efluente em João Pessoa -PB e Residência Universitária - UFPB), os quais serviram de alimentação para o biorreator de membrana anaeróbio, possibilitado os seguintes resultados:

Tabela 2 – Tabela de resultados

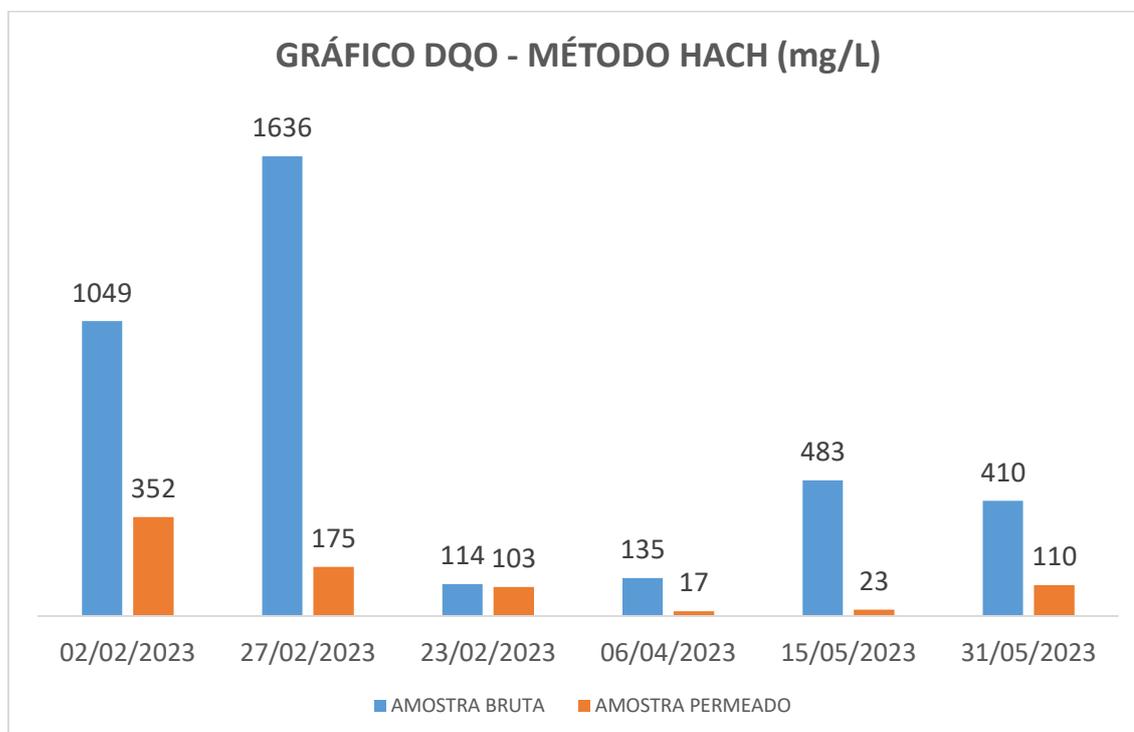
PARÂMETROS (PERMEADO)	UNIDADE	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA
DQO	mg/L	17	800	408,50
DBO	mg/L	26	2100	1063,00
PH	-	6	8,3	7,15
FÓSFORO	mg/L	5,28	52,45	28,87
NITROGÊNIO	mg/L	36	122,5	79,25
SÓLIDOS TOTAIS	g	0,421	0,6099	0,52

Fonte: Autora (2023)

5.1 RESULTADOS DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Após as análises físico-químicas do esgoto e levando em consideração amostras bruta, filtrada e permeada, obteve-se os seguintes resultados para a demanda química de oxigênio:

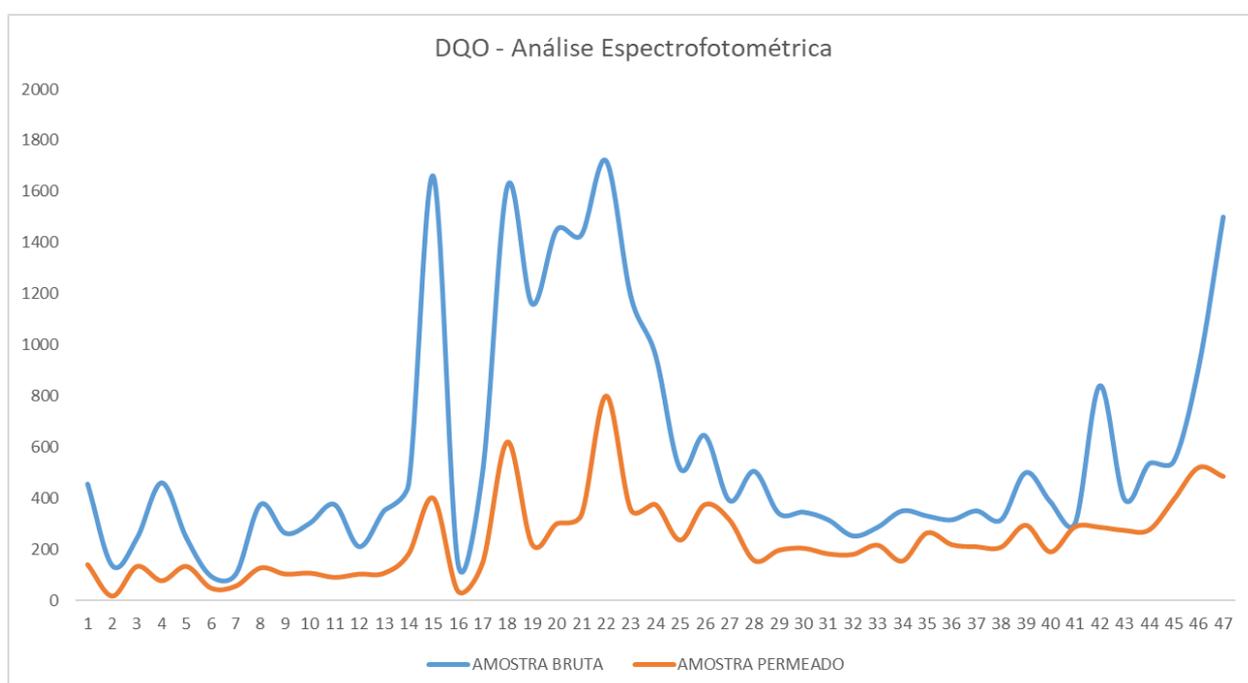
Gráfico 1 – Demanda Química de Oxigênio (DQO) - HACH



Fonte: Autora (2023)

Ao observar o Gráfico 1, temos os resultados da DQO, a partir da metodologia HACH, e é possível perceber que houve, como o esperado, a diminuição da demanda química de oxigênio, levando em consideração seis amostragens de Amostra Bruta (azul) e seis amostras de Amostra do Permeado (laranja), e comparando cada uma amostra bruta com a amostra de permeado do mesmo dia. A amostra do dia 02/02/2023 foi da primeira alimentação do biorreator, a segunda (27/02/2023) é referente ao primeiro esgoto coletado numa estação de tratamento de efluente, por isso a DQO encontra-se alta, nos demais dias, o biorreator foi alimentado pelo esgoto da Residência Universitária da UFPB, oscilando devido às coletas variarem nos dias, havendo dias com uma carga orgânica maior e outros com menos.

Gráfico 2 – DQO – Análise Espectrofotométrica



Fonte: Autora (2023)

No gráfico acima, teve-se como base 47 amostras, com análises feitas diariamente no espectrofotômetro Pastel-UV.

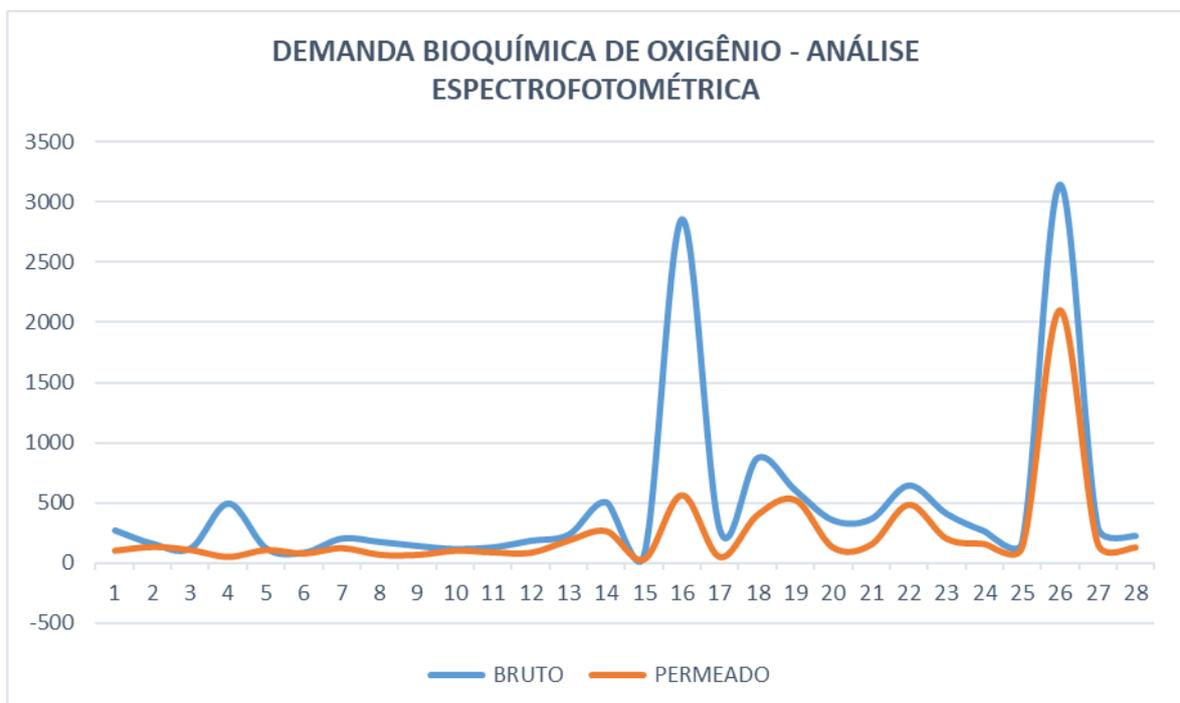
É possível observar o comparativo entre as amostras brutas (Linha Azul) com as amostras do permeado (Linha laranja), onde houve a diminuição da demanda química de oxigênio em cada ponto. Levando em consideração a comparação entre dois pontos (Amostra Bruta e Permeado do dia) e não as demais amostras coletadas, pois o Biorreator Anaeróbico de Membrana foi alimentado com carga maiores durante toda a pesquisa. Os picos das amostras 14, 17, 18, 19, 20, 21 e 22 são resultantes da adição de lodo.

Com base nos gráficos 1 e 2, temos que houve a redução na demanda química de oxigênio presente no sistema do biorreator, logo confirma uma melhor qualidade do efluente, caracterizando a diminuição de componentes oxidáveis, sejam eles Carbono ou Nitrogênio.

5.2 RESULTADOS DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Assim como a DQO, a demanda bioquímica de oxigênio também apresentou uma quantidade reduzida em sua composição. Com os seguintes resultados:

Gráfico 3 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – Análise Espectrofotométrica



Fonte: Autora (2023)

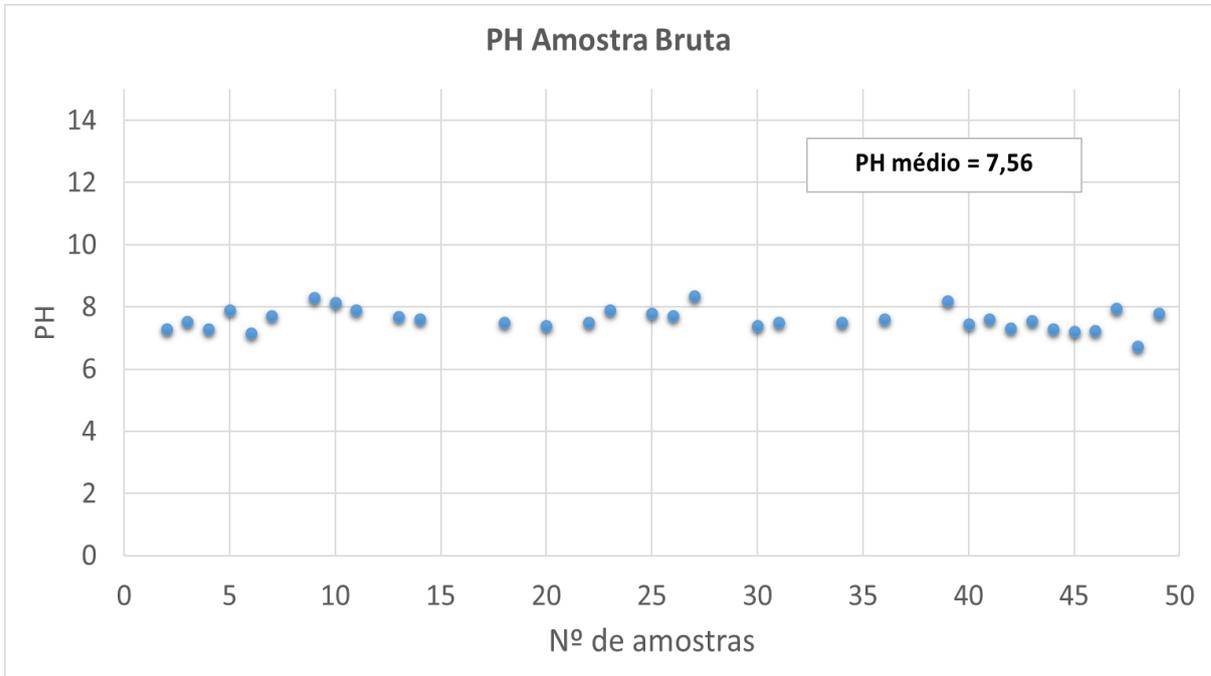
Os presentes resultados referem-se às 28 análises feitas no Espectrofotômetro Pastel- UV, onde pode-se destacar a redução da demanda bioquímica de oxigênio, o qual caracteriza uma melhor qualidade da água do efluente, refletindo na quantidade de oxigênio que foi consumido pelos microorganismos.

5.3 PH

O potencial Hidrogeniônico (PH) também é um fator importante para garantir a qualidade da água e de efluentes, o qual pode expressar a

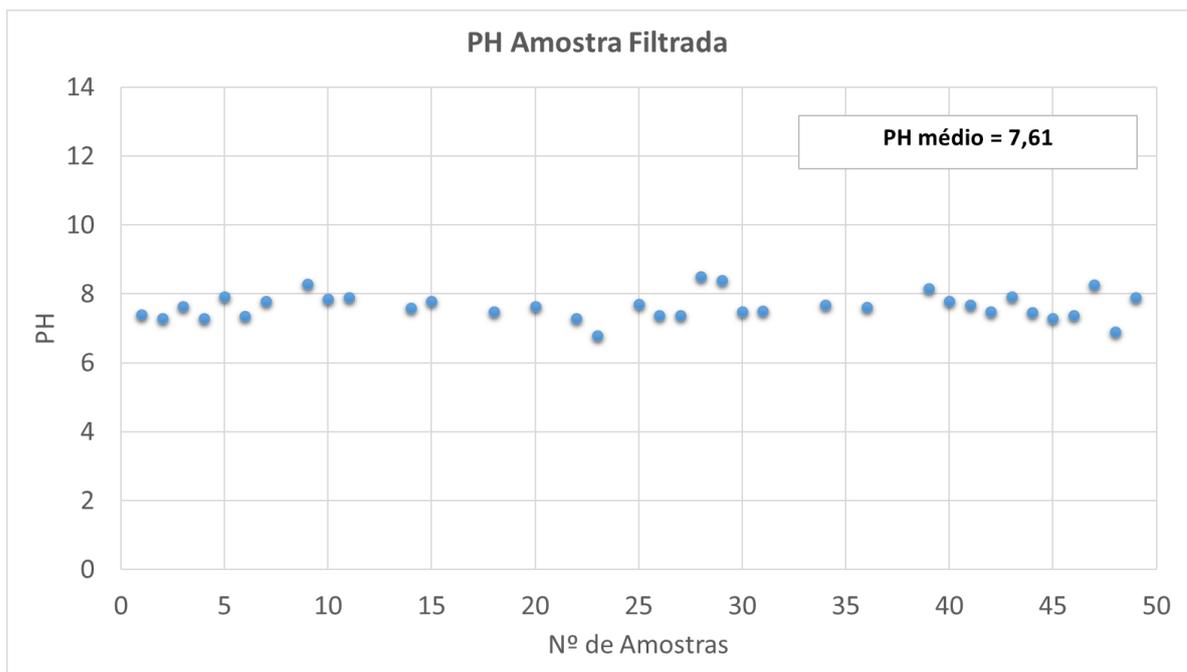
concentração dos íons de hidrogênio, indicando acidez, neutralidade ou alcalinidade.

Gráfico 4 – PH – Amostra Bruta



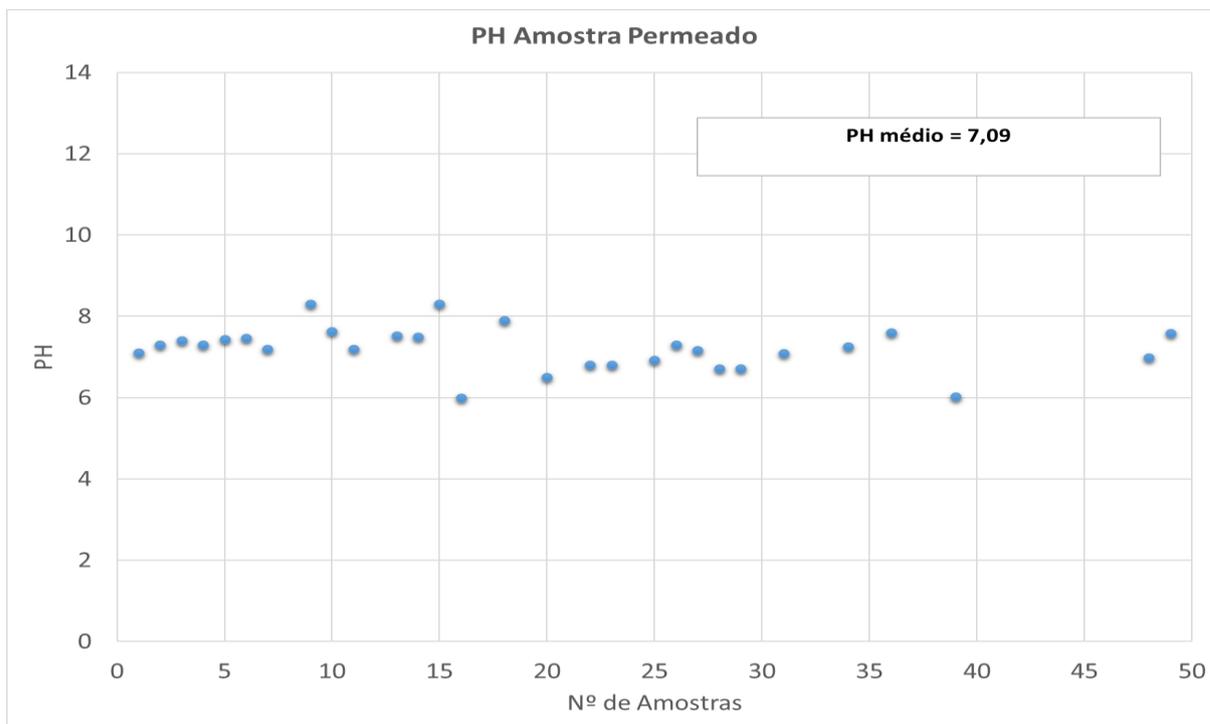
Fonte: Autora (2023)

Gráfico 5 – PH – Amostra Filtrada



Fonte: Autora (2023)

Gráfico 6 – PH – Amostra do Permeado



Fonte: Autora (2023)

Ao observar os gráficos 4; 5 e 6 compreende-se a variação do PH entre 6 e 8 , foram feitas aproximadamente 50 medições de PH em amostras bruta, a filtrada (papel filtro) e a permeada (originada do biorreator de membrana anaeróbico) , as quais apresentaram PH médio de 7,56 ; 7,61 e 7,09 , respectivamente. Com isso, temos uma condição de PH para o efluente de neutralidade, se aproximando da basicidade.

5.4 ANÁLISE DE FÓSFORO E NITROGÊNIO

A análise de Fósforo foi feita pelo método da HACH , com o objetivo de observar a eficiência da membrana do biorreator com a redução do Fósforo.

Tabela 3 – Análise Fósforo Total (mg/L)

Análise Fósforo (mg/L)		
DATA	BRUTO	PERMEADO
02/02/2023	58,8	13,6
15/02/2023	57,3	52,45
14/06/2023	7,87	5,28

Fonte: Autora (2023)

A tabela 3 indica a diminuição da quantidade de Fósforo da amostra Bruta, para a amostra do permeado, garantindo assim a qualidade e eficiência do Biorreator de Membrana Anaeróbico.

De maneira análoga, foi feita a análise do Nitrogênio Total, avaliando e confirmando a redução do mesmo na amostra do permeado.

Tabela 4 – Análise Nitrogênio Total (mg/L)

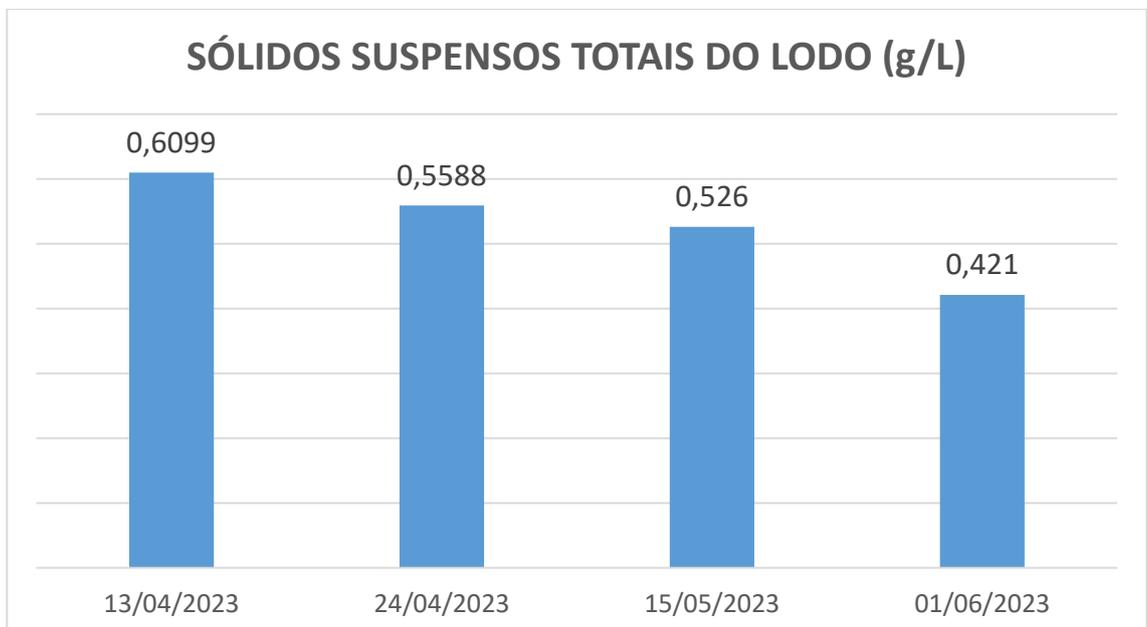
Análise Nitrogênio (mg/L)		
DATA	BRUTO	PERMEADO
02/02/2023	116,5	36
08/02/2023	121	103
13/02/2023	128	122,5

Fonte: Autora (2023)

5.5 ANÁLISE DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS

Os sólidos suspensos totais (TSS), são prejudiciais em excesso e são indicadores de qualidade das águas e efluentes. Os TSS são determinados a partir da secagem, em estufa, da amostra do substrato retirado do biorreator, onde ocorre a evaporação completa da água.

Gráfico 7 – Análise de Sólidos Suspensos Totais do Lodo (g)



Fonte: Autora (2023)

O gráfico 7 demonstra quatro amostras (datas aleatórias) de sólidos suspensos totais do lodo. Observa-se a redução da composição dos TSS

no biorreator de membrana anaeróbio da amostra 1 à amostra 4, destacando assim a eficiência do mesmo.

6. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, foi possível entender a importância e eficácia do Biorreator de Membrana Anaeróbio para o tratamento de esgotos e águas residuais e comprovar através das análises laboratoriais que possuir um sistema de tratamento como esse traz uma melhor qualidade para água. A tecnologia de biorreatores anaeróbios combinados com o processo de separação por membranas tem demonstrado ser promissor, embora esta temática seja pouco explorada.

As análises físico-químicas foram de extrema importância para comprovar que o efluente passou realmente por um processo de tratamento, com melhoria na cor, turbidez, condutividade e redução de sólidos totais, Nitrogênio e Fósforo.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. B.; ZHOU, J. L.; NGO, H. H.; GUO, W.; THOMAIDIS, N. S.; XU, J. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: a critical review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 323, p. 274-298, 2017.

BRAGA, B. et al. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

CHANG, S. Anaerobic Membrane Bioreactors (AnMBR) for Wastewater treatment. *Advances in Chemical Engineering and Science*, v 4, p.56-61, 2014.

CAVALCANTI, J. E. W. de A. *Manual de tratamento de efluentes industriais*. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda. 2009. 453 p.

CHERNICHARO, C. A. L. *Princípio do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios*. Departamento de engenharia sanitária e ambiental – DESA/UFMG, Belo Horizonte, v. 5, 2ª edição, 380 p., 2007.

DHAR, B-R.; GAO, Y.; YEO, H.; LEE, H-S. Separation of competitive microorganisms using anaerobic membrane bioreactors as pretreatment to microbial electrochemical cells. *Bioresource Technology*, n. 148, p. 208-214, 2013.

DERELI, R.K.; ERSAHIN, M.E.; OZGUN, H.; OZTURK, I.; JEISON, D.; VAN DER ZEE, F.; VAN LIER, J.B. Potentials of anaerobic membrane bioreactors to overcome treatment limitations induced by industrial wastewaters. *Bioresource Technology*, v. 122, out. 2012.

HELENA, Y. et al. Eixo Temático ET-02-010 -Saneamento Ambiental BIORREATORES ANAERÓBIOS DE MEMBRANAS: REVISÃO . Disponível em: <<http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2016/trabalhos/pdf/congestas2016-et-02-010.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

JUDD, S. The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment. 1^o ed – Elsevier Ltd, Oxford, UK, 2006.

JUDD, S. The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment. 2 ed. Oxford: Elsevier/ButterworthHeinemann. Burlington, MA. 519 p, 2011.

JUDD, S. The status of industrial and municipal effluent treatment with membrane bioreactor technology, Chemical Engineering Journal, v. 305, n. 1, p. 37-45, 2016.

LEITÃO, R. C.; VAN HAANDEL, A. C.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. Bioresource Technology, v. 97, p. 1105–1118, 2006.

LETTINGA, G.; HULSHOF, P. L. W.; ZEEMAN G. Biological Wastewater Treatment. Part I: Anaerobic wastewater treatment. Lecture Notes. Wageningen Agricultural University, ed. January 1996.

LETTINGA, G.; VANVELSEN, A. F. M.; HOBMA, S. W.; DEZEEUW, W.; KLAPWIJK, A. Use of the Upflow Sludge Blanket (Usb) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment, Especially for Anaerobic Treatment. Biotechnology and Bioengineering, v. 22, n. 4, p. 699-734, 1980.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de Efluente e Recuperação de Recursos. Tradução de HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. - 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MINISTRO, DS Presidente da República . Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

MOTA, VTF- BIORREATOR COM MEMBRANAS ANAERÓBIO DE DUPLO ESTÁGIO PARA O TRATAMENTO DO VINHOTO . Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ENGD92JPNM/1/dissertacao_vera_talina_franco_vidal_mota.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

O problema da fuga de água no mundo . Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Pastel UV - Analisador para matéria orgânica by AQUALABO. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/aqualabo/product-54155-1878538.html>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade de Minas Gerais, 2005. 452 p.