UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA CRISTIANE NEVES DE CARVALHO

REMOÇÃO DE POLUENTES DE EFLUENTES TÊXTEIS com uso de macrófita flutuante do gênero *Lemna* sp

Caruaru
2022

MARIA CRISTIANE NEVES DE CARVALHO

REMOÇÃO DE POLUENTES DE EFLUENTES TÊXTEIS com uso de macrófita flutuante do gênero *Lemna* sp

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Orientadora: Profª. Dra. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves

Caruaru

2022

Dedico este trabalho à Deus, o maior orientador da minha vida.

Ele nunca me abandonou nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à ti, ó Deus, pela minha vida, e por iluminar meu caminho para vencer todos momentos de dificuldades enfrentados em todos esses anos de estudos. Por ter me presenteado com pessoas companheiras e amigas que me deram forças e me auxiliaram a chegar até aqui.

À minha família, sobretudo, aos meus pais, José Heleno e Geraldina Josefa, por todos ensinamentos e princípios compartilhados, pela paciência e amor incondicional que nunca me faltou durante a graduação. A minha irmã, Maria Cristina, pelo apoio nos momentos mais difíceis da vida.

Ao meu esposo Mikhael Marcos, que sempre esteve ao meu lado, me acalmando sempre que necessário, me apoiando e auxiliando em todos momentos, meu singelo agradecimento.

Aos meus amigos, vocês foram meu ponto de apoio e graças a vocês não estive só durante essa longa caminhada, em especial, Eduarda Walquiria, José André, Maria Eulália e Ramon Gonçalves.

Agradeço aos membros do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), pelo apoio durante a pesquisa para desenvolvimento dos resultados obtidos aqui, em especial à Marileide Lira e Manu Patrícia.

A UFPE, pela condição proporcionada durante a graduação, simultaneamente a todos os professores que transmitiram conhecimento com tanta atenção e dedicação.

Para terminar, agradeço grandemente a minha orientadora, Elizabeth Pastich, foi um privilégio que a vida me ofertou durante todos esses anos, graças a ela tive a chance de participar de Iniciação científica, oportunidade única vivenciada durante essa jornada.

.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”. (Josué 1:9).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA	Centro Acadêmico do Agreste
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
LEA	Laboratório de Engenharia Ambiental
OD	Oxigênio Dissolvido
PE	Pernambuco
pH	Potencial Hidrogeniônico
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo 12
Figura 2 - Aclimatização das macrófitas da espécie *Lemna* sp. 13
Figura 3 - Casa de vegetação para aclimatização e montagem experimental 14
Figura 4 – Desenho esquemático experimental 15
Figura 5 - Montagem experimental no primeiro dia 16
Figura 6 – Números de indivíduos das macrófitas durante o experimento A) Diluição do efluente diluído da lavanderia 1 B) Diluição do efluente diluído da lavanderia 2 C) Água 17
Figura 7 – Variação do pH A) Diluição do efluente 1 (1:2) B) Diluição do efluente 2 (1:2) C) Água 18
Figura 8 – Variação de temperatura durante o experimento A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água 18
Figura 9 - Concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) no período de 7 dias. A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água 19
Figura 10 – Concentração de DQO no período de 7 dias A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água 20
Figura 11 – Variação da turbidez ao longo do experimento. A) Diluição do efluente de lavanderia 1 B) Diluição do efluente de lavanderia 2 C) Água 21
Figura 12 – Variação da condutividade elétrica durante o experimento. A) Diluição do efluente da lavanderia 1 B) Diluição do efluente da lavanderia 2 C) Água 22
Figura 13 – Variação do Nitrogênio Amoniacal durante o experimento. A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1950) 14
Tabela 2 – Periodicidade dos parâmetros avaliados 16

Remoção de poluentes de efluentes têxteis com uso de macrófita flutuante do gênero *Lemna* sp.

Removal of pollutants from textile effluents using floating macrophyte of the genus *Lemna* sp.

Maria Cristiane Neves de Carvalho[1]

RESUMO

A região do Agreste Pernambucano é beneficiada pelo Polo de confecções, responsável por fortalecer a economia, entretanto, a produção de efluentes industriais que mesmo tratados são ricos em compostos químicos e poluentes. Assim, avaliou-se um pós-tratamento com o uso das macrófitas flutuantes do gênero *Lemna* sp. pois são capazes de absorver poluentes. A coleta dos efluentes tratados realizou-se em duas lavanderias têxteis, já a coleta das macrófitas em uma lagoa de polimento localizada em uma ETE de uma lavanderia têxtil, no município de Caruaru-PE. Posteriormente, os efluentes e as macrófitas foram levados para o LEA, no CAA-UFPE. As macrófitas foram cultivadas em casa de vegetação, para montagem experimental. O experimento realizou-se em casa de vegetação, em triplicata durante 7 dias, em béqueres de 2 L. O experimento teve os seguintes tratamentos com macrófitas: T1 – efluente diluído 1 (1:2), T2 – efluente diluído 2 (1:2), T3 – água de abastecimento. Nos béqueres adicionou-se 10 macrófitas. A temperatura esteve entre 20° C e 25,5°C, o intervalo contribuiu para o desenvolvimento das mesmas. Nos tratamentos (T1 e T3) aumentou os indivíduos, contudo, em T2 as macrófitas morreram. A condutividade elétrica em T1 manteve-se elevada, em torno de 1500 μS/cm, já T2 apresentou níveis mais altos, entre 2500 e 3000 μS/cm. O OD apresentou mesmo comportamento nos diferentes tratamentos. Nos testes as macrófitas pouco interviram na remoção de DQO. Nos tratamentos (T1 e T3) aumentou o pH tornando-se básico, já T2 decaiu próximo de 3, tornando-se ácido, atribuindo-se a mortandade dos espécimes. A turbidez em T1 decaiu, já em T2 ocorreu crescimento, ocasionado pelos detritos dos espécimes. O Nitrogênio Amoniacal em (T1, T2 e T3) apresentou concentrações baixas. Em geral, o pós-tratamento não influenciou na qualidade das concentrações estudadas.

Palavras-chave: macrófitas; tratamento; efluente têxtil; *Lemna* sp.

[1] Graduanda em Engenharia Civil pela UFPE. E-mail: mariacristiane.carvalho@ufpe.br

ABSTRACT

The Pernambuco's Agreste benefits from the clothing hub, responsible for strengthening the economy, however, there is the production of industrial effluents, even treated, are rich in chemical compounds and pollutants. Thus, the increment of a post-treatment with the use floating macrophytes' genus' *Lemna* sp. are already able absorb pollutants. The collection of treated effluents was carried out in two textile laundries, since macrophytes were collected in a polishing pond located in ETE of a textile laundry, both located in the municipality Caruaru-PE. Subsequently, the effluents and macrophytes were taken to the LEA, at CAA-UFPE. Macrophytes were cultivated in a greenhouse for experimental setup. The experiment was carried out in a greenhouse (in triplicate for 7 days, in 2 L beakers. The experiment presented the treatments with macrophytes: T1 - diluted effluent 1:2), T2 - diluted effluent 2 (1: 2), T3 – supply water. 10 macrophytes were added to the beakers. At a temperature between 20°C and 25.5°C, this interval was maintained for their development. The treatments (T3 and T3) increased the T1, mac however, in T2 they died. The electrical conductivity values in T1 remained high, around 1500 μS/cm, while T2 presented higher levels, between 2500 and 3000 μS/cm. The OD showed the same behavior in the different treatments. In all treatments, macrophytes had little intervention in COD removal. In the treatments (T3) the pH increased and becoming basic, already becoming T2 of 3, becoming acidic, attributing to the macrophytes' death. The turbidity in T1 decreased, already in T2 there was growth, caused by the debris of the decomposition of the specimens. The Ammoniacal Nitrogen in (T1, T2 and T3) showed low. In general, post-treatment didn't influence the quality of the concentrations studied.

Keywords: macrophytes; treatment; textile effluent; *Lemna* sp.

DATA DE APROVAÇÃO: 04 de novembro de 2022.

1 INTRODUÇÃO

O Agreste Pernambucano se encontra numa região de clima semiárido com défict hídrico. Em contraste a essa condição climática, uma importante atividade industrial são as lavanderias de jeans, que se configura como um dos setores que mais consomem água no Mundo. As indústrias têxteis são responsáveis por consumir uma alta relação de água por volume de material têxtil processado, assim, a geração de efluentes líquidos e a carga poluente tornam-se altas (TWARDOKUS, 2004).

A região apresenta o Polo de Confecções do Brasil que produz cerca de 800 milhões de peças de vestuário anualmente (CECI, 2018). O Polo é considerado uns dos mais significantes polos produtivos do Estado de Pernambuco e, da Região Nordeste. O Polo é formado por uma considerada concentração de atividades produtivas, comerciais e de serviços especializado em confecções de roupas e outros produtos têxteis, distribuídos aproximadamente em 40 municípios situados dentro e próximo a mesorregião do Agreste Pernambucano (ARAÚJO, 2019).

O polo engloba as cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Surubim. A cidade de Caruaru é conhecida nacionalmente como a “Capital da Sulanca”, por possuir a maior Feira livre de confecções do Brasil, a mesma comercializa roupas produzidas por confecções da região, na qual arrecada, mais de R$ 22 milhões semanalmente (IPHAN, 2009).

Apesar do desenvolvimento econômico da região, problemas são gerados ao meio ambiente, relacionados ao descarte inadequado de efluentes das lavanderias têm sido constantes. Ademais, essas lavanderias têxteis usam em algumas etapas diversos produtos químicos, no qual o mau manuseio pode ocasionar inúmeros prejuízos ambientais e a saúde humana (SOUTO, 2017). Para agravar ainda mais a situação, esses efluentes são lançados nos corpos receptores.

Os impactos ambientais gerados pelas lavanderias têxteis modificam as condições normais do funcionamento ambiental e provocam danos irreversíveis ao mundo (SILVA et al., 2021). Um dos tratamentos mais utilizados nas unidades têxteis é o físico-químico, mas como demonstra CHAGAS (2009) as dosagens e eficácia dos químicos utilizados nas próprias unidades de produção não são claramente conhecidos e controlados.

Entre os diversos tipos de sistemas de tratamento dos efluentes existentes, destacam-se alguns que utilizam macrófitas aquáticas buscando à melhoria da qualidade de águas residuais, substancialmente, indagando a redução das cargas de poluentes inorgânicos, metais pesados, substâncias tóxicas, (ALMEIDA e ALMEIDA, 2005; DINIZ et al. 2005).

O tratamento com as macrófitas consiste na remoção de matéria orgânica biofilme que se

desenvolve no sistema radicular das plantas através da absorção de nutrientes e metais pesados pela própria macrófita. Esse tipo de tratamento vem sendo utilizado em alguns países para o tratamento de rios contaminados (MUKESH & KUMAR, 2005).

Segundo Maia (2008), as macrófitas da família *Lemnaceae* exercem uma atribuição indireta no tratamento de efluentes, uma vez que as espécies dessa família não apesentam um longo sistema de absorção o que promove uma pequena superfície de contato para a fixação e crescimento de bactérias.

As *Lemnas* vêm sendo amplamente utilizadas em testes de toxicidade por conta da sua alta sensibilidade a substâncias, sua função ecológica, seu fácil cultivo e por ser um dos primeiros organismos a ser impactado por efluentes tóxicos nos meios aquáticos (SOUZA, 2021).

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo amenizar os efeitos das descargas de efluentes tratados da indústria têxtil nos corpos receptores por meio do pós-tratamento com as macrófitas aquáticas da família *Lemnaceae* do gênero *Lemna* sp.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência das macrófitas do gênero *Lemna* sp. na remoção de matéria orgânica e nutrientes remanescentes de duas lavanderias de jeans situadas no município de Caruaru-PE.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o enquadramento do efluente nos padrões legais, segundo a Resolução CONAMA 430.
- Analisar a influência do pós-tratamento com macrófitas na melhoria da qualidade do efluente têxtil com macrófitas na melhoria da qualidade de parâmetros físico-químicos.
- Avaliar o efeito da carga orgânica aplicada no desenvolvimento e capacidade de remoção de poluentes das macrófitas.

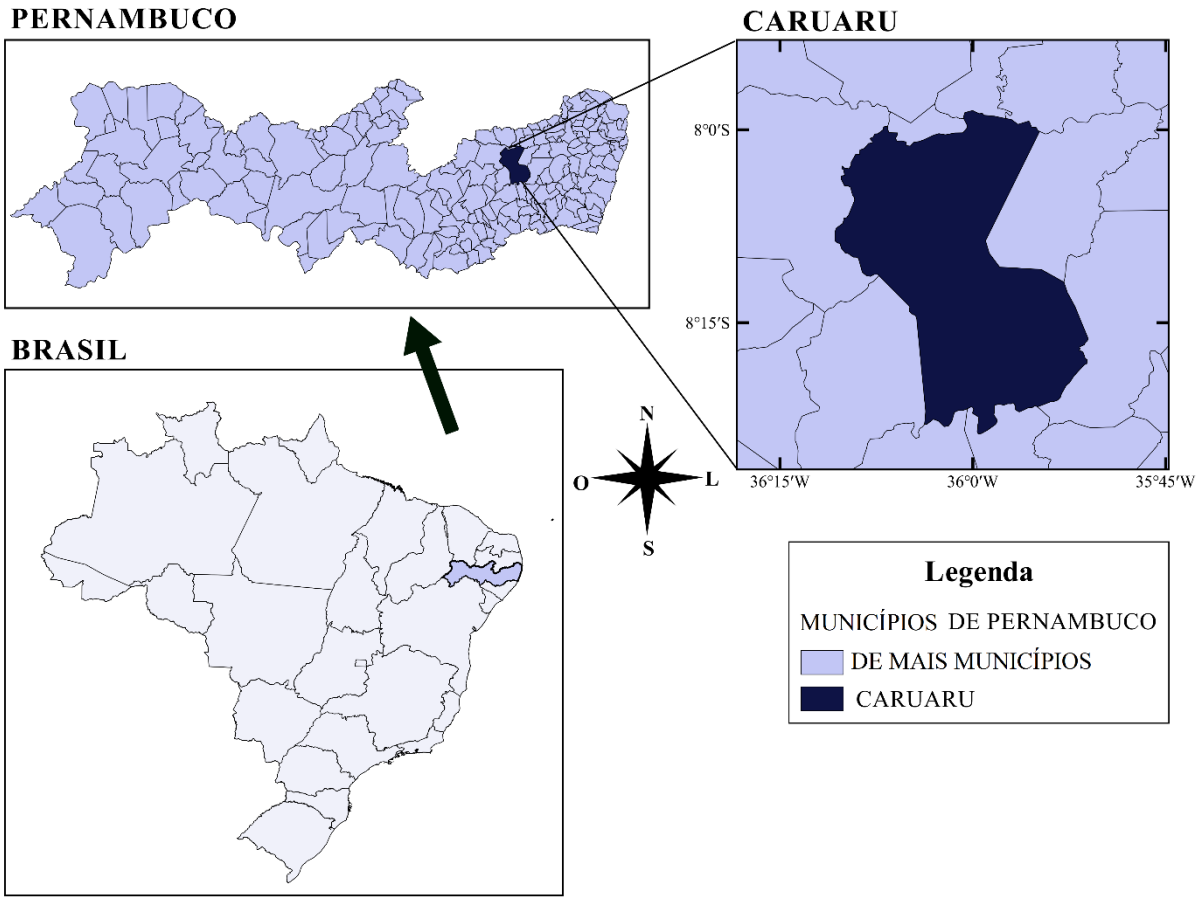
2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O experimento foi desenvolvido no Campus Acadêmico do Agreste - UFPE, localizado no município de Caruaru-PE (Figura 1). O clima da cidade de Caruaru, conforme a classificação de Köppen, está localizada em uma área de clima tropical do tipo semiárido (BSh), no qual, apresenta verões quentes e secos e invernos a menos e chuvosos (ALVARES et al., 2014).

A cidade é recortada por rios perenes, entretanto de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo (BELTRÃO, et al., 2005). O município de Caruaru está inserido nos domínios das Bacias Hidrográficas dos Rios Ipojuca e Capibaribe (ambas bacias se encontram com níveis excessivos de poluição na região).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: A autora (2022)

Além de todos problemas ocasionados pela localização da região, outras objeções são geradas ao meio ambiente que estão relacionadas ao descarte inadequado de efluentes das

lavanderias têxteis, de maneira recorrente. Ademais, essas lavanderias têxteis usam em algumas etapas diversos produtos químicos, no qual o mau manuseio pode ocasionar inúmeros prejuízos ambientais e a saúde humana (SOUTO, 2017) para agravar ainda mais a situação, esses efluentes são lançados nos corpos receptores da região.

2.2 Coleta das macrófitas

Essa etapa da pesquisa caracterizou-se pela coleta das macrófitas (Figura 2) da espécie *Lemna* sp. que foram necessárias para a montagem experimental. Ela foi realizada em uma lagoa de polimento localizada em uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de uma lavanderia de Jeans, na qual as macrófitas desenvolvem-se livremente, em Caruaru, Pernambuco.

Figura 2 - Aclimatização das macrófitas da espécie *Lemna* sp.

Fonte: A autora (2022)

Em seguida, as macrófitas foram transportadas para o LEA (Laboratório de Engenharia Ambiental-UFPE), para sua aclimatização e cultivo elas foram lavadas, selecionadas e acondicionadas em recipientes plásticos.

O período de aclimatização das macrófitas ocorreu durante 7 dias, no qual, foi realizado em meio a uma solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1950), a composição da solução está disposta na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1950)

SOLUÇÃO ESTOQUE	CONCENTRAÇÃO ($(g.L^{-1})$)
Nitrato de Potássio (KNO_3)	101
Fosfato monoamônico ($NH_4H_2PO_4$)	115
Sulfato de Magnésio ($MgSO_4$)	120,3
Nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$)	164
Sulfato de Ferro ($FeSO_4.7H_2O$)	9,15

Fonte: A Autora (2022)

A temperatura do cultivo esteve sob média de 25 ºC, em casa de vegetação (Figura 3), com objetivo de manter uma temperatura mais constante e proteger as macrófitas de herbivoria.

Figura 3 - Casa de vegetação para aclimatização e montagem experimental

Fonte: A autora (2022)

2.3 Coleta dos efluentes têxteis

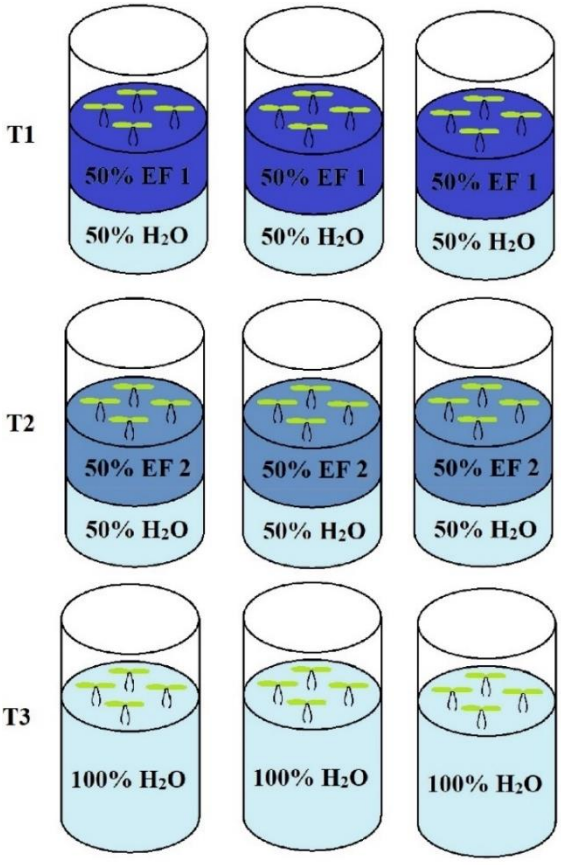
Nessa segunda etapa para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado a coleta dos efluentes têxteis tratado em duas lavanderias, em Caruaru-PE. Para transporte dos efluentes têxteis até o Campus Acadêmico do Agreste (CAA) - UFPE, foram utilizados garrafões de 20 L.

2.4 Montagem experimental

Durante o período de adaptação das macrófitas, observou-se que o meio era muito tóxico para a sobrevivência das mesmas, dessa forma, os tratamentos dos efluentes (T1 e T2) foram diluídos na proporção (1:2). A Figura 4 apresenta o desenho esquemático, no qual foi realizado em triplicata (3 tratamentos) as condições estão descritas a seguir:

T1: Tratamento com macrófitas do efluente diluído (1:2) da lavanderia 1
T2: Tratamento com macrófitas do efluente diluído (1:2) da lavanderia 2.
T3: Tratamento por meio de macrófitas da água de abastecimento.

Figura 4 – Desenho esquemático experimental



Fonte: A autora (2022)

Na montagem experimental foram utilizados béqueres com capacidade de 2 litros (Figura 5), nos quais, foram adicionados 10 espécimes de macrófitas *Lemna* sp. em cada béquer. Todos os béqueres ficaram dispostos na casa de vegetação durante o experimento.

Figura 5 - Montagem experimental no primeiro dia

Fonte: A autora (2020)

2.5 Parâmetros

Os parâmetros realizados durante o experimento e suas periodicidades estão apresentados na Tabela 2. Esses parâmetros avaliados foram escolhidos conforme a atuação da macrófita *Lemna* sp. referente a sua capacidade de tratamento do efluente têxtil, e sua taxa de crescimento.

Tabela 2 – Periodicidade dos parâmetros avaliados

PARÂMETRO	PERIODICIDADE DE ANÁLISE
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Diariamente
Oxigênio Dissolvido (OD)	Diariamente
Turbidez	Diariamente
Condutividade	Diariamente
Temperatura	Diariamente
Taxa de Crescimento	Diariamente
Nitrogênio Amoniacal	3 vezes durante o experimento
DQO	3 vezes durante o experimento

Fonte: A autora (2022)

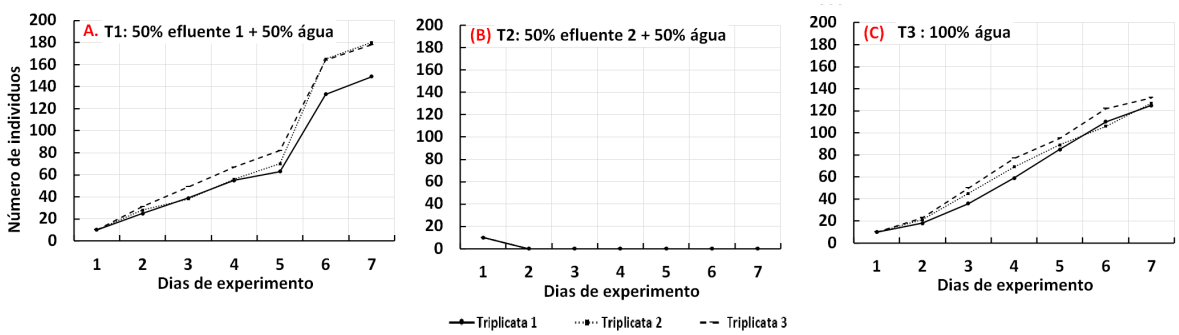
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Taxa de Crescimento

A Figura 6 apresenta a taxa de crescimento dos espécimes de macrófitas nos três tratamentos, durante um período de 7 dias. A partir da interpretação dos resultados é observado que nos tratamentos T1 e T3 ocorreu crescimento acentuado no número de indivíduos.

Porém, em T2, no segundo dia ocorreu a morte de 100% de todos espécimes, evidenciando assim uma toxicidade elevada do meio. Alguns dos parâmetros que demonstraram essa toxicidade do meio foram: pH ácido (Figura 7.B) e a alta condutividade elétrica (Figura 12.B). Segundo Souza, as macrófitas aquáticas da espécie *Lemna* sp. são de fácil cultivo e apresentam uma elevada taxa de crescimento e possuem alta sensibilidade a diferentes poluentes (2021). Seu principal indicador de toxicidade refere-se a sua taxa de crescimento (KISS et al., 2003)

Figura 6 – Números de indivíduos das macrófitas durante o experimento A) Diluição do efluente diluído da lavanderia 1 B) Diluição do efluente diluído da lavanderia 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

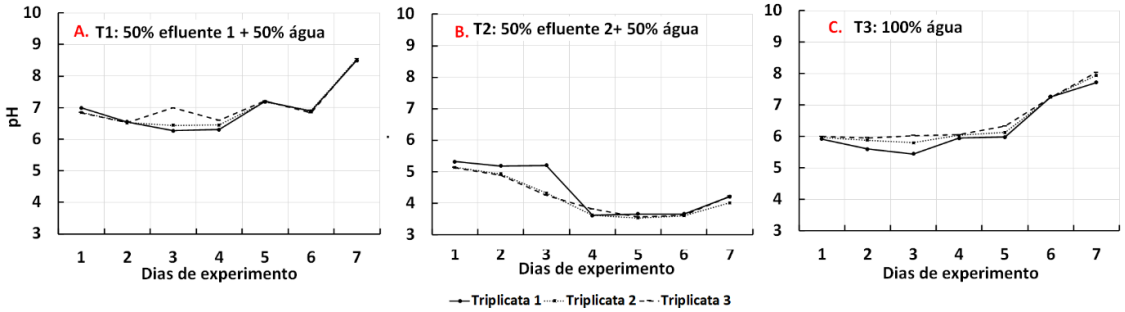
3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A Resolução CONAMA nº 430/11, de 11 de maio de 2011, Art. 16, dispõe que as empresas só poderão realizar lançamento diretamente dos seus efluentes no corpo receptor, quando os mesmos estejam com os valores de pH entre 5 a 9. Dessa forma, tornou-se imprescindível o acompanhamento desse parâmetro durante o experimento.

A Figura 7 apresenta a variação de pH ao longo de 7 dias. Nos testes T1 e T3 ocorreu um aumento acentuado do pH no meio transformando em um meio básico, esse aumento pode ser explicado pela presença de microalgas no meio. Conforme Araújo (2007) a elevação do valor do pH no meio pode ser atribuído aos processos fotossintéticos que removem CO_2 e liberam íons hidroxila.

Entretanto, no teste T2 o efluente inicial apresentou em média o pH de 5,15 e decaiu para valores próximos de 3, o que pode ter ocasionado a morte das macrófitas. Uma vez que o intervalo ideal do pH para o desenvolvimento de uma planta varia entre 6,5 e 7 (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2005). Ademais, esse decaimento do pH durante o experimento, pode ser explicado, pois quando a macrófita morre ela inicia o processo de decomposição (XIE et al. 2004), a decomposição anaeróbica gera acidez para o meio.

Figura 7 – Variação do pH A) Diluição do efluente 1 (1:2) B) Diluição do efluente 2 (1:2) C) Água

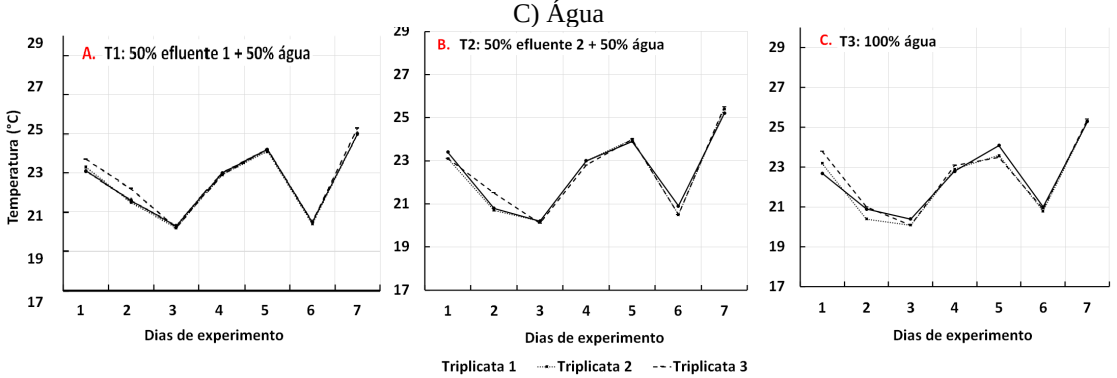


Fonte: A autora (2020)

3.3 Temperatura

A taxa de variação da temperatura no período do experimento está apresentada na Figura 8, avaliando os gráficos T1 e T3 percebeu-se que as macrófitas aquáticas estavam sob temperaturas entre 20° C e 25,5°C. O acompanhamento da variação da temperatura é importantíssimo, uma vez que estudos indicam que temperaturas superiores à 30° C limitam seu crescimento (POMPÊO, 2017). Ademais, segundo Iqbal (1999) a temperatura mínima para o crescimento das *Lemnas* sp. é de 7°C e que a faixa de temperatura ideal está entre 25°C e 31°C. Assim, o intervalo de temperatura que estavam as macrófitas durante o experimento contribui para o desenvolvimento das mesmas.

Figura 8 – Variação de temperatura durante o experimento A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

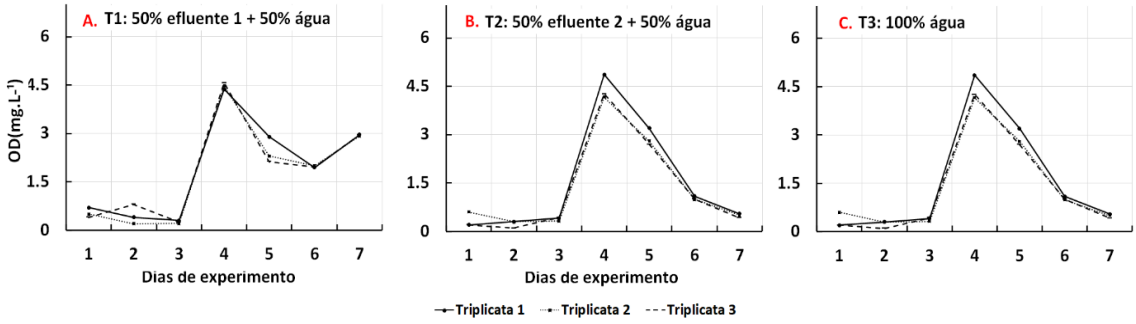
3.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

Conforme, Ciqueira (2017) o oxigênio dissolvido (OD) deve ser conceituado como agente limitante, pois se trata de um elemento vital para sobrevivência dos seres aeróbios. A variação da concentração de Oxigênio Dissolvido durante o experimento está disposta na Figura 9.

Mesmo com o intenso crescimento das macrófitas (Figura (6.A e 6.C)), a cobertura vegetal durante o experimento é irrelevante se assimilada com a área superficial do béquer. Assim, a penetração dos raios solares nos experimentos proporcionou a fotossíntese inclusive a mudança gasosa ar/água. Dessa forma, é possível explicar a variação do OD no experimento, por meio da ingestão das bactérias aeróbias que degradam a matéria orgânica e restitui o oxigênio através da fotossíntese e pelo efeito de difusão do ar para água (DERISIO, 2012).

Assim, observando todos tratamentos a quantidade de macrófitas não influenciou no resultado desse parâmetro, uma vez que nas três condições distintas os gráficos se comportaram de forma análoga. Ademais, observou-se nos gráficos na Figura 9 que a maior concentração de OD para os três tratamentos ocorreu no dia 4.

Figura 9 - Concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) no período de 7 dias. A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

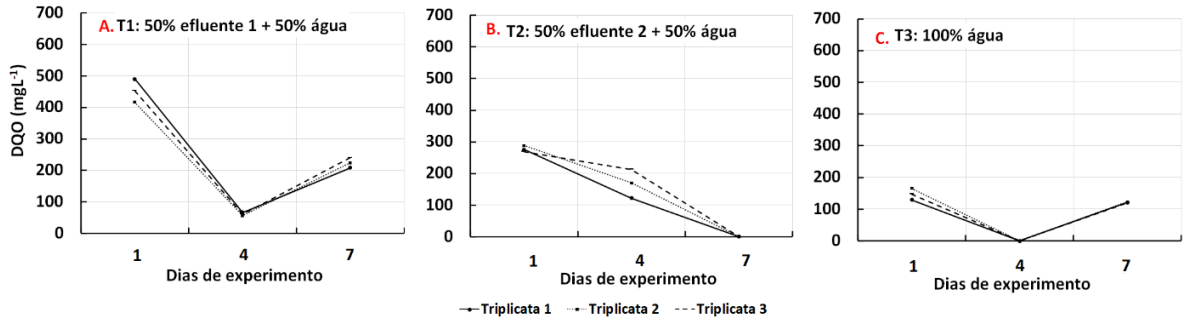
A análise dos valores de DQO é um dos parâmetros indispensáveis nas pesquisas de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes indústrias. Ela permite analisar a carga de poluição, em termos quantitativos do oxigênio necessário para a sua oxidação. Sua grande finalidade é ajudar no monitoramento de sistemas aeróbios de esgotos; em águas brutas seu objetivo é indicar a possibilidade de fonte de contaminação orgânica (ROCHA,2015). Dessa

forma, torna-se fundamental a realização da análise desse parâmetro.

A Figura 10 apresenta a variação da concentração de DQO durante o experimento. Observando essa variação é perceptível que no dia 4, em todos os testes apresentaram os menores resultados. Tal comportamento já era esperado, uma vez que a DQO é um indicador que avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido para oxidar e que leva à degradação de matéria orgânica (VALENTE et al., 1997) e como foi apresentado na Figura 9 a maior concentração de OD durante o experimento ocorreu no dia 4

Em geral, mesmo com a mortandade das macrófitas em T2 os comportamentos das curvas em todos experimentos se comportaram de forma similar, mesmo nos quais as macrófitas estavam se propagando. Assim, é fortalecida a concepção de que as macrófitas pouco intervêm na remoção da matéria orgânica dos efluentes provenientes de lavanderias têxteis.

Figura 10 – Concentração de DQO no período de 7 dias A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

3.6 Turbidez

A turbidez pode ser caracterizada como a dificuldade de penetração da luz solar no meio. É um requisito indispensável de vigilância ambiental de propriedade da água, uma vez que ela está relacionada a presença de sólidos em suspensão, consequentemente uma turbidez elevada dificulta a entrada dos raios solares no âmbito. Com a diminuição da penetração da luz solar no meio, ocorre uma redução da fotossíntese dos organismos, tais como fitoplâncton, algas e vegetação submersa (CS, 2017). A Figura 11 demonstra a variação da turbidez durante o período de 7 dias nos testes.

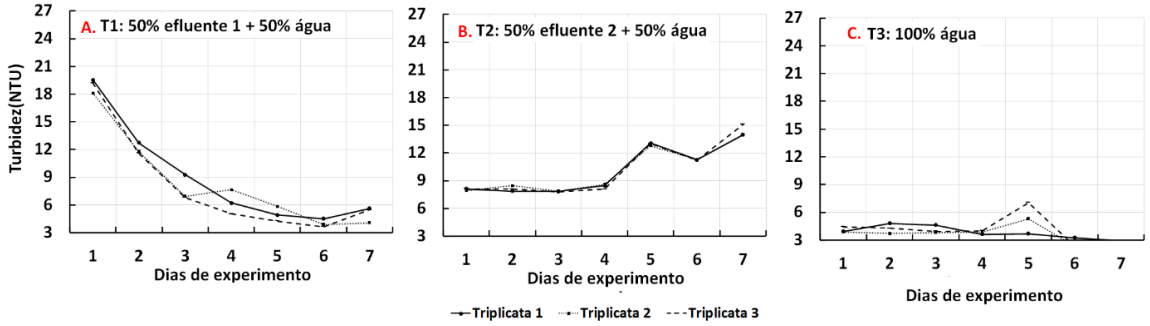
Conforme citado por Skilicorn et al. (1993) os mecanismos predominantes para a remoção de sólidos em lagoas de *Lemnas*, ocorrem através da absorção física pelas raízes das macrófitas, além do auxílio da camada superficial de macrófitas, tornando-se o meio adequado para

sedimentação e, ainda, ameniza a quantidade de algas, através do sombreamento causado. A Figura 11.A comprova essa afirmação, na qual, quanto maior o número de indivíduos menor a turbidez do recipiente.

Entretanto, na Figura 11.B (tratamento, no qual, ocorreu a mortandade das macrófitas), houve um crescimento significativo na turbidez, ou seja, as macrófitas entraram no processo de decomposição e devido aos seus próprios detritos ocorre um aumento na concentração dos sólidos suspensos. Além disso outro fator que influenciou essa majoração foi a ausência da camada de proteção das macrófitas, pois sem ela, ocorre uma maior evaporação do efluente diluído, o que consequentemente faz com que o efluente se torne mais concentrado de sólidos suspensos.

No béquer que continha somente água a turbidez continuou bastante regular, como mostra a Figura 11.C, apresentando em alguns dias um pouco mais alta, provavelmente por sujeira que possam ter distorcido a leitura, mas se compararmos ao início e fim do experimento ocorreram variação mínima, pois apresentou-se valores muito próximos.

Figura 11 – Variação da turbidez ao longo do experimento. A) Diluição do efluente de lavanderia 1 B) Diluição do efluente de lavanderia 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

3.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é uma análise muito importante no controle ambiental de qualidade da água, ela indica quantitativamente a capacidade que a água tem de transportar corrente elétrica, ela depende da quantidade de íons presentes na solução: cátions e ânions. A condutividade é um parâmetro físico-químico que mostra de maneira indireta a disponibilidade de nutrientes no meio (JUNK & PIEDADE, 1997), assim, torna-se um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (ZUIN et al., 2009).

A variação nos valores da condutividade elétrica durante os 7 dias está representada na Figura 12. Em T1, os valores da condutividade elétrica mantiveram-se elevados, permaneceu

em torno de 1500 µS/cm, já o efluente 2, manteve-se com níveis mais altos, variando entre 2500 à 3000 µS/cm.

Esses valores elevados da condutividade elétrica nos efluentes têxteis podem ser justificados pela presença de uma alta concentração de sais. Tendo em vista que os sais são utilizados abundantemente durante o tingimento do Jeans para melhorar a fixação do corante ao tecido (CHAGAS, 2009). Assim, como a maior taxa de concentração da condutividade elétrica é no efluente 2, isso indica que existia uma maior quantidade de sais no meio.

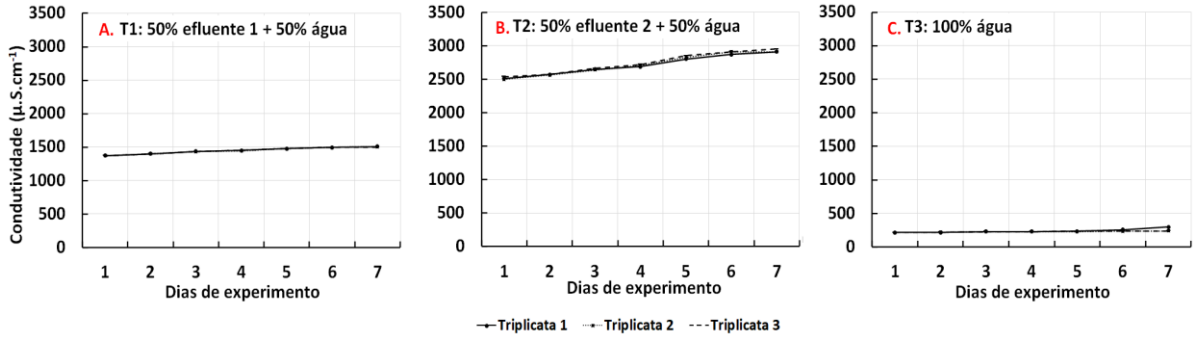
É importante salientar que uma elevada condutividade no corpo receptor modifica o transporte de compostos químicos entre o meio e o interior da célula microbiana, provocando mudanças no metabolismo e efeitos inibitórios (DAN et al., 2003), auxiliando para redução da eficiência do tratamento biológico do efluente (LOMBARDI et al. 2015). Sendo assim, a alta condutividade no efluente 2 reduziu a eficiência do meio, o que também pode ter contribuído indiretamente para mortandade das macrófitas.

Em T3 (água de abastecimento), os valores da condutividade elétrica ficaram em torno de 250 µS/cm durante os 7 dias (Figura 12. C). Porém, de acordo com Von Sperling (2007) não há um regimento que apresente um padrão de condutividade, mas usualmente as águas naturais possuem taxas de condutividade no intervalo entre 10 e 100 µS cm-1

Dessa forma, é observável que a água de abastecimento estava acima do previsto por Von Sperling (2007), o que pode ser justificado por consequência da formação geológica no Agreste, uma vez que seu processo de formação possivelmente transfira mais sais para a água da região.

Assim, após a realização da comparação do comportamento das curvas nos tratamentos de todos os experimentos, é notório que as macrófitas aquáticas do gênero *Lemna* sp. não apresentaram aptidão de absorver íons dissolvidos.

Figura 12 – Variação da condutividade elétrica durante o experimento. A) Diluição do efluente da lavanderia 1 B) Diluição do efluente da lavanderia 2 C) Água



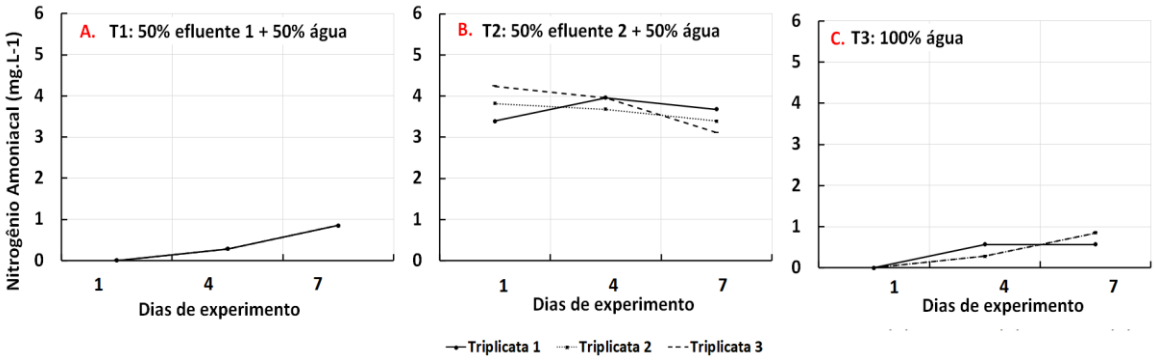
Fonte: A autora (2020)

3.8 Nitrogênio Amoniacal

A Figura 13 apresenta a variação na análise de nitrogênio amoniacal nos testes, que foi realizada a cada dois dias. Observando a Figura 13 têm-se que os maiores valores de concentrações de Nitrogênio Amoniacal foi no experimento T2 (Figura 13.B), com valores entre 3 mg/L e 4,3 mg/L. Avaliando os valores da concentração, em todos os experimentos (T1, T2 e T3) apresentaram concentrações baixas, esse resultado já era esperado, pois não são utilizadas altas concentrações de nitrogênio no processo de produção do jeans.

A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 determina que a máxima concentração de nitrogênio amoniacal para lançamento de efluentes é de 20 mg/L, o que indica que ambos efluentes produzidos pelas duas indústrias têxteis atenderam a legislação nesse parâmetro.

Figura 13 – Variação do Nitrogênio Amoniacal durante o experimento. A) Diluição do efluente 1 B) Diluição do efluente 2 C) Água



Fonte: A autora (2020)

4 CONCLUSÕES

A análise dos experimentos com as macrófitas permitiu identificar que os tratamentos (T1 e T3) apresentaram aumento na taxa de crescimento, consequentemente ocorreu um crescimento no pH do meio, tornando-se mais básico. Contudo, no experimento T2 as macrófitas morreram, essa mortandade pode ter sido ocasionada pela elevada acidez do efluente.

Avaliou-se que a quantidade de macrófitas não influenciaram no resultado do OD, uma vez que nos três tratamentos (T1, T2 e T3) as curvas dos gráficos se comportaram de maneira similar. Tendo em vista que a penetração de raios solares estimulou na realização da fotossíntese e na troca gasosa ar/água. Ademais, observou-se nos gráficos que a maior concentração de OD para os três tratamentos ocorreu no dia 4.

Já na variação de DQO os gráficos se comportaram de forma semelhante, mesmo com a mortandade das macrófitas em T2. Dessa forma, é fortalecida a concepção que as macrófitas pouco interviram na remoção de DQO dos efluentes provenientes de lavanderias têxteis.

Nos três tratamentos, observou-se que a turbidez, em todas situações se comportaram de formas distintas. Em T1 (efluente diluído 1, no qual, as macrófitas apresentaram crescimento acentuado), ocorreu uma remoção acentuada dos sólidos suspensos. Entretanto, em T2 (efluente diluído 2, no qual, ocorreu a mortandade das macrófitas), houve um crescimento na turbidez, esse aumento pode ser explicado pelos vestígios gerados no processo de decomposição. Já em T3 (tratamento que continha apenas água) a turbidez continuou bastante regular.

Nos tratamentos T1 e T2, os valores da condutividade elétrica mantiveram-se elevados. E em T3 a condutividade, manteve-se constante. Assim, comparando o comportamento de todas as curvas de condutividade elétrica em todos tratamentos, tem-se que as macrófitas aquáticas do gênero *Lemna* sp. apresentaram uma baixa capacidade de absorção dos íons dissolvidos.

Já a variação na análise de nitrogênio amoniacal nos tratamentos, foi realizada a cada dois dias. Foi possível perceber que todos os tratamentos (T1, T2 e T3) apresentaram concentrações baixas de nitrogênio amoniacal, pois não são utilizadas altas concentrações de nitrogênio durante o processo produtivo do jeans. A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 determina que a máxima concentração de nitrogênio amoniacal para lançamento de efluentes é de 20 mg/L, o que indica que ambos efluentes têxteis atenderam a legislação nesse parâmetro.

Diante dos resultados encontrados, conclui-se que as macrófitas aquática do gênero *Lemna* sp. não apresentaram eficiência em todos os parâmetros avaliados nas condições submetidas, tornando-se imprescindível a realização de mais pesquisas para a obtenção de resultados mais concludentes quanto ao tratamento de efluente têxtil com as *Lemna* sp.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.A.; ALMEIDA, N.A.M. **"Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais".** Revista eletrônica de enfermagem, v. 7, n. 3, pp. 306-317, 2005.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p. 711-728, 2014.

ARAÚJO, I. S. **Avaliação de lagoas facultativa aerada e de maturação, em escala real, como etapas secundária e terciária, de sistema de tratamento de dejetos de suínos.** Tese, UFSC, Florianópolis, SC, 2007.

ARAÚJO, J.R.J. Informalidade: **Quão comprometidos são os produtores do polo de confecções do Agreste de Pernambuco frente à formalização de suas atividades?** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; JUNIOR, L.C.S.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Caruaru.** Recife: CPRM, 2005.

CECI, MARIANA**. Com incentivos, indústria têxtil se consolida no Nordeste.** Tribuna do Norte, 2018. Disponível em: http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/com-incentivos-indaostria-ta-xtil-se-consolida-no-nordeste/404095. Acesso em: 28 dez. 2021.

CHAGAS, M.A. **Tratamento de efluente têxtil por processos físico-químico e biológico.** Dissertação de mestrado – Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

CIQUEIRA B. G. **Utilização de macrófitas na otimização de água em recintos de animais em zoológicos.** Universidade Federal do Rio de Janeiro – Programa de Engenharia Ambiental (PEA), 2017.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005.

CS, ÉMILIN. **O que é Turbidez da Água e Como ela afeta o Tratamento de Água?** Blog 2 engenheiros, 2017. Disponível em: http://2engenheiros.com/2017/12/12/turbidez-da-agua/. Acesso em: 13 ago. 2022.

DAN, N. P., KRISTENSEN, G. G., VREDENBREGT, L.H.J. **Comparative Evaluation of Yeast and Bacterial Treatment of High Salinity Wastewater based on biokinetic coefficients.** Bioresourse Technology, v.87, p. 51-56, 2003.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 4 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O.; BARBOSA, J.E.D.L.; KONIG, A. **Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. Suplemento, p. 226-230. 2005.

DIVITIIS, MARTA. **Documentário retrata cotidiano da Capital do Jeans em Pernambuco.** Fashion United, 2019. Disponível em: https://fashionunited.com.br/news/culture/documentario-retrata-cotidiano-da-capital-do-jeans-em-pernambuco-1563307492/20190716100817. Acesso em: 23 dez. 2021.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. **Interações Ecológicas entre Macrófitas Aquáticas Flutuantes Eichhornia crassipes e Pistia stratiotes.** Hoehnea. v.32(3), p. 445-452, 2005.

IPHAN, D. **Feira de Caruaru**. Instituto do Patrimônio Cultural – Brasil. Brasília, DF: Dossiê Iphan, 2009.

IQBAL, S. **Duckweed aquaculture, potentials, possibilities and limitations for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries.** Switzerland: SANDEC, 1999.

JUNK, W. J., & PIEDADE, M. T. F. **Plant Life in the Floodplain with Special Reference to Herbaceous Plants.** The Central Amazon Floodplain. 1997.

KISS, I., KOVÁTS, N.; SZALAY, T. **Evaluation of some alternative guidelines for risk assessment of various habitats,** 2003.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **"Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes".** Wall-map 150cmx200cm, 1928.

LOMBARDI, J. B.; FULEY, T. H.; **Avaliação do efeito da condutividade no tratamento biológico de um efluente de fábrica de celulose.** O PAPEL vol. 76, num. 12, pp. 91 – 96, 2015.

MAIA, I. S. **Avaliação de lagoas de maturação modificadas com a presença de suportes e macrófitas da família *Lemnaceae* no tratamento de esgotos domésticos**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental - Tecnologias de Saneamento Ambiental, 2008.

MUKESH, D.; KUMAR, **A. Biotreatment of Industrial Effluents.** 1. ed. 2005.

POMPÊO, MARCELO. 2017. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros.** Instituto de Biociências – IB/USP - Universidade de São Paulo - São Paulo, 2017.

ROCHA, Diego Henrique Nascimento da. **Avaliação da demanda química de oxigênio (DQO) em corpos hídricos cearenses.** Monografia (Graduação em Química) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, M. F.; MENELAU, A. S.; RIBEIRO, A. R. B.; **Impactos ambientais registrados nos estudos das lavanderias têxteis do arranjo produtivo do agreste pernambucano: uma**

releitura pela perspectiva da sustentabilidade ambiental. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental., v. 10, n. 3, p. 77-103, set. 2021.

SILVA, P. O. **Métodos de tratamento de efluentes da indústria têxtil.** Montes Carlos, 2013.

SOUZA, G. C. A**. Padronização do teste de toxicidade com lentilhas d'água (*Lemna minor*) em solução hidropônica e sua aplicação na avaliação de um córrego urbano.** Buri, São Paulo, 2021.

SKILICORN, P. W.; SPIRA, W; JOURNEY, W. **Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries.** The World Bank, Washington, 1993.

SOUZA, G. C. A. **Padronização do teste de toxicidade com lentilhas d'água (*Lemna* minor) em solução hidropônica e sua aplicação na avaliação de um córrego urbano.** Buri – SP, 2021.

SOUTO, T. J. M. P. **Estudo do comportamento químico e ambiental de efluentes industriais e resíduos sólidos oriundos de lavanderias do Polo têxtil no Agreste Pernambucano.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife - PE. 2017.

TWARDOKUS, R. G. **O reúso da água no processo de tingimento da indústria têxtil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)**. Centro Tecnológico/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VALENTE, J.P.S; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão.** Lavapés/Botucatu - SP. Eclética Química. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, v. 22, p. 49-66. 1997.

VON SPERLING, **M. Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Belo Horizonte. UFMG, 2007.

XAVIER, J. O.; CAMPOS, M. C. S.; RIBEIRO, S. T. M.; MOTA, H. R. **Macrófitas aquáticas caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos.** 1. ed. Belo Horizonte: Editora

Cemig, 2021. Disponível em: https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/livro-macrofitas-cemig-2021.pdf Acesso em: 2 de maio de 2022.

XIE Y., Yu D. & REN B. **Effects of nitrogen and phosphorus availability on the decomposition of aquatic plants.** Aquatic Botany 80, 29-37. 2004.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. **O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA.** Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.

MARIA CRISTIANE NEVES DE CARVALHO

REMOÇÃO DE POLUENTES DE EFLUENTES TÊXTEIS com uso de macrófita flutuante do gênero *Lemna* sp

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Aprovado em 04 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dra. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dra. Raquel Ferreira do Nascimento (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profa. Dra. Simone Machado Santos (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco