

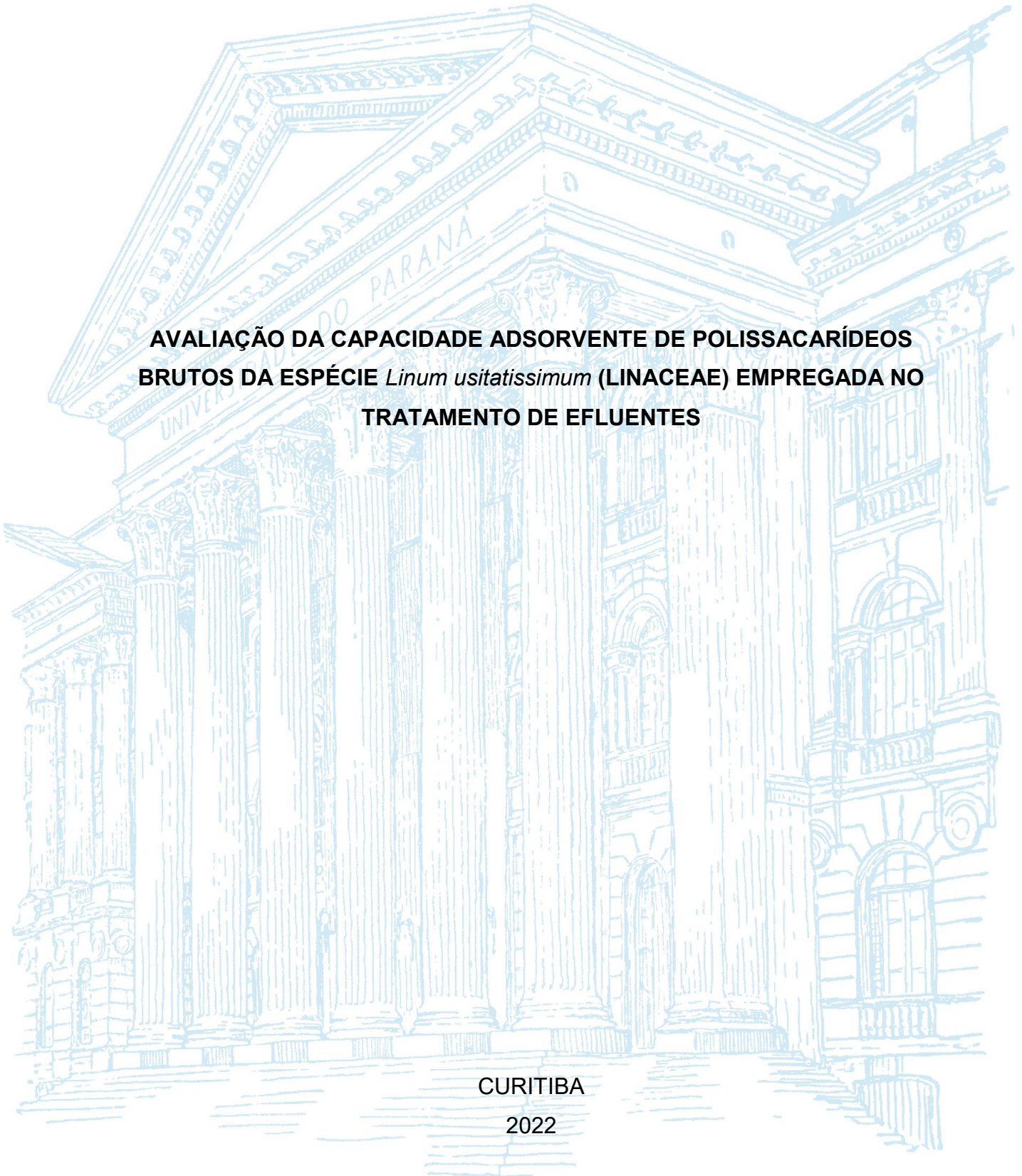
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE BIANCHINI

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DE POLISSACARÍDEOS
BRUTOS DA ESPÉCIE *Linum usitatissimum* (LINACEAE) EMPREGADA NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES**

CURITIBA

2022



ALINE BIANCHINI

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DE POLISSACARÍDEOS
BRUTOS DA ESPÉCIE *Linum usitatissimum* (LINACEAE) EMPREGADA NO
TRATAMENTO DE SOLUÇÕES COLORIDAS.**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Farmácia, Setor de Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Marilis Dallarmi Miguel

Coorientador: Me. Fernando Cesar Martins Betim

CURITIBA

2022

TERMO DE APROVAÇÃO

ALINE BIANCHINI

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES COLORIDOS UTILIZANDO POLISSACARÍDEOS BRUTOS DA ESPÉCIE *Linum usitatissimum* (LINACEAE).

Monografia/TCC apresentada ao curso de Graduação em Farmácia, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Profa. Dra. Marilis Dalarmi Miguel
Orientador(a) – Departamento de Farmácia, UFPR

Profa. Dra. Luciane Dalarmi
Departamento de Farmácia, UFPR

Cidade, 17 de agosto de 2022.

AGRADECIMENTOS

A minha trajetória na Universidade Federal do Paraná sempre contou com o apoio e a participação de muitas pessoas especiais, que ao longo desses 6 anos contribuíram com o meu crescimento pessoal e sobretudo profissional e com certeza nesse momento de finalização do curso, com a entrega do temido TCC, cabe um espaço para deixar registrado minha gratidão a cada uma delas.

Primeiramente agradeço aos meus pais, Ademir e Jucelene, pois desde o início, lá em 2015, quando eu decidi prestar o vestibular na UFPR, me apoiaram nessa decisão e me forneceram todo suporte para que fosse possível que eu realizasse esse sonho. Sem dúvidas meras palavras são insuficientes para expressar tamanha gratidão e amor que sinto por eles.

A todos os demais familiares, irmãos, avós e tios que ao longo desses anos mesmo distantes se fizeram presentes e contribuíram com a minha trajetória em Curitiba.

Agradeço também ao meu companheiro Emanuel, que em todo esse tempo se mostrou um ponto de apoio essencial, pois sempre me incentivou, tranquilizou e esteve ao meu lado, independentemente da situação. Aos meus sogros, Roberto e Eliane, por da mesma forma, mostrarem suporte e afeto durante esses anos.

Aos meus amigos Ariane, Bruna, Fernando, Yahya, Francine e Fabiele, que ao longo desses anos estiveram presente em diversos momentos da minha vida e, por vezes, foram o mais próximo do que eu tive de família em Curitiba.

Para Ariane e Fernando dedico ainda um espaço especial. Ariane por ser minha dupla em diversos momentos, disciplinas e até mesmo de estágio (sim, em 2022 nos quarenta e cinco do segundo tempo nós duas conseguimos realizar esse sonho e cá entre nós, que experiência incrível que foi). E para Fernando por ser um amigo incrível e por sempre me incentivar, vendo em mim qualidades e habilidades que, por vezes, nem eu mesma era capaz de perceber, fazendo de mim uma pessoa mais segura. Além disso, por ser um ponto de suporte nos momentos difíceis e pela alegria que é compartilhar a vida com ele.

Ao Marco e Letícia, pois quando me desperiodizei foram as pessoas que me acolheram em diversas disciplinas, favorecendo meu entrosamento com pessoas de outras turmas, além de compartilharem comigo tantos momentos de conhecimento e alegria. Marco também teve um impacto direto na minha inserção na equipe do

Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais e Farmacotécnica (NEPNF), que sem dúvida sou imensamente grata por tamanha confiança e ajuda em mim depositados.

Agradeço também a professora Marilis, por desde 2018 ter me acolhido em sua equipe e permitido que eu me desenvolvesse nela. Aos demais professores e colegas do laboratório e da equipe NEPNF agradeço por todo apoio e colaboração prestados nesses anos de pesquisa. Em especial à colega Elisiane, por me servir de inspiração com sua tranquilidade e por dividir comigo lembranças nostálgicas da cultura do nosso estado.

Por fim, agradeço a todos os colegas, professores e técnicos do departamento de Farmácia da UFPR por todo apoio prestados durante a execução do meu TCC e dos projetos de iniciação científica.

RESUMO

A busca por insumos de origem natural que possam ser empregados no tratamento de efluentes é uma tendência crescente. Neste contexto a técnica de biossorção tem ganhado destaque e as mucilagens, polissacarídeos presentes em uma vasta gama de vegetais, despertam interesse como biossorbentes, substitutos aos adsorbentes sintéticos, pois são abundantes na natureza, de baixo custo e biodegradáveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial adsorvente de polissacarídeos brutos/nativos extraídos da semente de *Linum usitatissimum* (Linaceae) para remoção de corantes em soluções aquosas, visando sua utilização como biossorvente no tratamento de efluentes. A extração aquosa dos polissacarídeos apresentou rendimento de 8,92%. Os ensaios de adsorção indicaram que a mucilagem de linhaça pode ser um promissor adsorvente complementar no tratamento de efluentes coloridos, pois apresentaram cerca de 10 % de redução da coloração das soluções avaliadas.

Palavras chave: Azul de metileno. Biossorvente. Mucilagem. Linhaça, Polissacarídeo.

ABSTRACT

The search for inputs of natural origin that can be used in the treatment of effluents is a growing trend. In this context, the biosorption technique has gained prominence and mucilages, polysaccharides present in a wide range of plants, arouse interest as biosorbents, substitutes for synthetic adsorbents, as they are abundant in nature, low cost and biodegradable. The objective of this work was to evaluate the adsorbent potential of crude/native polysaccharides extracted from the species *Linum usitatissimum* (Linaceae) to remove dyes in aqueous solutions, aiming at its use as a biosorbent in the treatment of effluents. The aqueous extraction of polysaccharides showed a yield of 8.92%. The adsorption tests indicated that linseed mucilage can be a promising complementary adsorbent in the treatment of colored effluents, as they showed about 10% reduction in the color of the evaluated solutions.

Keywords: Methyl blue. Biosorbent. Mucilage. Linseed. Polysaccharide.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTRUTURA MOLECULAR DO CORANTE AZUL DE METILENO	20
FIGURA 2 - ESTRUTURA MOLECULAR ALDOSE E CETOSE	24
FIGURA 3 - VARIEDADES DE LINHAÇA: MARROM E DOURADA.....	26
FIGURA 4 - ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXTRAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS DE LINHAÇA.....	29
FIGURA 5 - ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXTRAÇÃO - SATURAÇÃO DO MEIO	30
FIGURA 6 - POLISSACARÍDEO DE LINHAÇA.....	30
FIGURA 7 - SOLUÇÕES DE CORANTE AZUL DE METILENO AVALIADAS	31

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CURVA CONTROLE NEGATIVO	33
GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE CADA ADSORVENTE AVALIADO.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ABSORBÂNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE CORANTE AZUL DE METILENO AVALIADAS SUBMETIDAS A DIFERENTES ADSORVENTES	33
TABELA 2 – PORCENTAGEM DE REMOÇÃO DE CORANTE AZUL DE METILENO DOS DIFERENTES ADSORVENTES AVALIADOS	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 ÁGUA	19
2.2 CORANTES	20
2.2.1 Azul de metileno	20
2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES COLORIDOS	21
2.4 BIOSSORÇÃO	22
2.4.1 Biossorventes	22
2.5 POLISSACARÍDEOS	23
2.5.1 Mucilagem	25
2.6 LINHAÇA	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E EXTRAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DA SEMENTE DE LINHAÇA	27
3.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES COM CORANTE AZUL DE METILENO	27
3.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS EXTRAÍDOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA	28
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E EXTRAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DA SEMENTE DE LINHAÇA	29
4.2 ENSAIO DE ADSORÇÃO DE CORANTE AZUL DE METILENO UTILIZANDO POLISSACARÍDEOS BRUTOS EXTRAÍDOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA	31
4.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DE CORANTE AZUL DE METILENO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos exercem um papel fundamental para a vida de todos os seres vivos (JACOBOSKI; FACHINETTO, 2022), sendo importante também no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Na indústria, por exemplo, a obtenção de inúmeros produtos necessita de grandes quantidades de água que, por muitas vezes, são superiores ao volume gerado pelas estações de tratamento de água (GOMES, 2011).

Em 2006 a Vigilância em Saúde já alertava que o abastecimento público de água, no que se refere à quantidade e qualidade, representa uma preocupação crescente da humanidade, devido à escassez deste recurso e da deterioração da qualidade dos mananciais (BRASIL, 2006). Essa preocupação é reforçada por Girardi, Pinheiro e Venzon (2019), que destacam que a demanda mundial de água doce tem aumentado em decorrência do crescimento da população, desenvolvimento econômico e alterações nos padrões de consumo, devendo essa tendência continuar pelos próximos anos. Com isso, surge a necessidade de ações que tenham como objetivo buscar insumos capazes de contribuir com a diminuição do impacto das ações humanas sobre os recursos hídricos.

Dentre as principais fontes de poluentes da água, destacam-se os corantes oriundos de processos industriais, que apresentam estruturas aromáticas complexas o que as tornam difíceis de serem degradadas (TROMBINI, OBARA-DOI, 2012; OLIVEIRA, SILVA, VIANA, 2013).

Os métodos mais difundidos no tratamento de águas, como coagulação e floculação geralmente fazem uso de substâncias sintéticas e de alto custo (SILVA, MENDES JUNIOR, LOBATO; 2020), por isso, aumenta-se o interesse por materiais de origem natural que possam atuar na remoção de partículas de corantes contidas em meio aquoso, permitindo assim que este recurso retorne ao meio ambiente.

Estudos envolvendo a utilização de cascas ou sementes de frutas (BELTRAN et al., 2019; SILVA et al., 2020), mucilagem de vegetais (FRANÇA et al., 2011; FREITAS et al., 2017) e até mesmo polissacarídeos extraídos de cascas de camarões (LONGHINOTTI et al., 1996; PRADO 2004), vem sendo desenvolvidos com o intuito de identificar possíveis substitutos aos materiais sintéticos utilizados nos tratamentos de efluentes convencionais, abrindo também uma possibilidade para novas metodologias de tratamento, como a adsorção.

Além disso, a utilização de adsorventes naturais, como gomas e mucilagens tem ganhado destaque como agente de tratamento de águas, pois são abundantes em diversas espécies da natureza e de fácil obtenção (FACCIO, 2015). Neste contexto, destaca-se a semente da linhaça (*Linum usitatissimum*), que possui teores significativos de fibra alimentar que representa 30 % do peso total da semente, sendo que a fibra solúvel (mucilagem) representa um terço da fibra alimentar total da linhaça (ROCHA, 2017).

Tendo em vista as informações supracitadas, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação do potencial adsorvente de polissacarídeos brutos/nativos da espécie *Linum usitatissimum* (Linaceae) para remoção de corantes em soluções aquosas, sendo que para isto foi feito a extração de polissacarídeo da espécie e a adaptação uma metodologia de adsorção para que fosse possível identificar, por técnica espectrofotométrica, o potencial adsorvente de polissacarídeos da linhaça para seu emprego como alternativa no tratamento de efluentes coloridos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o impacto ambiental causado pelos efluentes gerados pelas indústrias, principalmente aqueles que apresentam cor (oriundos de processos que envolvem a utilização de corantes), faz-se necessário o emprego de tratamentos que promovam a remoção dessas partículas. Nesse sentido, nas últimas décadas, o processo de biossorção tem se tornado uma das principais alternativas para o tratamento e remoção de poluentes em soluções aquosas, uma vez que essa técnica emprega materiais de origem natural (vegetal, animal, microbiano) para remoção de substâncias contaminantes (PIQUET, MARTINELLI, 2022).

Por isso, o interesse em identificar polímeros de fontes naturais que possam substituir os polímeros sintéticos no tratamento de efluentes coloridos tem aumentado, uma vez que são substâncias abundantes na natureza e com capacidade adsortiva de uma gama de substâncias orgânicas e inorgânicas (PIQUET, MARTINELLI, 2022).

Neste sentido, o presente estudo pretende avaliar se polissacarídeos brutos/nativos extraídos de linhaça dourada, *Linum usitatissimum* (Linaceae), podem ser utilizados como adsorventes de partículas de corantes em soluções aquosas e, com isso, úteis no tratamento de efluentes.

A escolha da linhaça como material adsorvente se deu pelo fato de ser um vegetal que libera mucilagem (polissacarídeo) em grandes quantidades, além de ser de fácil obtenção. O corante azul de metileno foi escolhido por se tratar de um dos principais corantes utilizados nos processos de tingimentos da indústria têxtil, em procedimentos de análise da área da saúde e por ser considerado um corante altamente poluente quando presente em recursos hídricos (HONORATO et al., 2015).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁGUA

A água é considerada fonte de vida, visto que a sobrevivência de todos os seres vivos depende desse elemento (GOMES, 2011; FREITAS et al., 2017). Além disso, é um dos elementos essenciais para a produção de bens de consumo (GOMES, 2011). Contudo, o aumento da população e da urbanização tem intensificado a contaminação dos corpos d'água e ocasionado preocupação em escala mundial, pois o despejo de efluentes domésticos, industriais entre outros interferem na qualidade da água e provoca desequilíbrio ecológico (BASSEM, 2020; JACOBOSKI, FACHINETTO, 2022).

A indústria têxtil é considerada uma das principais responsáveis por esse desequilíbrio ambiental, uma vez que utiliza em seus processos elevadas quantidades de água. Além disso, gera resíduos de composição complexa com presença de corantes, sais, compostos orgânicos e outros, o que dificulta o tratamento deste efluente (BARBIERI, 2014; VILASECA, LÓPEZ-GRIMAU, GUTIÉRREZ-BOUZÁN, 2014; FREITAS et al., 2017).

Devido ao impacto ambiental provocado por estes resíduos contidos em efluentes têxteis, faz-se necessária a remoção dessas substâncias antes de serem lançados aos corpos d'água (BARBIERI, 2014). Isso porque as substâncias contidas nesse efluente podem alterar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água, provocando consequências para a população humana em geral e também impactos nos ambientes naturais, interferindo na sobrevivência de organismos aquáticos (NÓBREGA et al., 2014; JACOBOSKI, FACHINETTO, 2022).

Atento à necessidade do tratamento para remoção desses contaminantes da água, o governo brasileiro regulamenta através da resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, destacando que “não é permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processos de tratamento convencionais em corpos de água doce”.

Além disso, a resolução nº 430 de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que complementa e altera a resolução nº 357 de 2005, ressalta que “os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor

características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias” e que “só poderão ser lançados diretamente no corpo receptor se atenderem às condições e padrões previstos nesta resolução”.

2.2 CORANTES

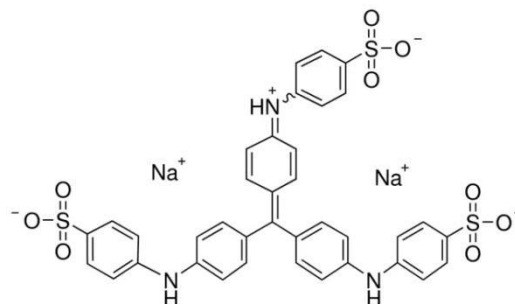
Os corantes são compostos químicos de difícil degradação e de potente ação poluidora tanto no solo quanto na água, pois em algumas situações, os corantes podem ser perceptíveis a olho nu mesmo em concentrações muito baixas, como 1 ppm (1 mg/L) (TROMBINI, OBARA-DOI, 2012).

Essa característica representa vantagens e desvantagens. Como vantagem destaca-se a promoção de ótimos resultados de tingimento mesmo quando utilizado em baixas concentrações. Contudo, essa mesma característica pode ser considerada uma desvantagem tendo em vista que por menor que seja a quantidade de corante presente em efluentes aquáticos isso pode provocar alteração de coloração dos rios causando graves problemas (TROMBINI, OBARA-DOI, 2012).

2.2.1 Azul de metileno

O azul de metileno é um corante catiônico cuja fórmula estrutural é $C_{37}H_{27}N_3Na_2O_9S_3$, com peso molecular de 799.80 g/mol e número CAS 28983-56-4. É comercializado na forma de pó ou cristais que apresenta coloração azul escuro a marrom escuro. Quando em solução, o corante azul de metileno exibe coloração azul escura (SIGMA-ALDRICH, 2022).

FIGURA 1 - ESTRUTURA MOLECULAR DO CORANTE AZUL DE METILENO



FONTE: Sigma-Aldrich (2022).

O azul de metileno está compreendido na classe de corantes reativos, caracterizados por apresentarem em sua estrutura, um ou mais grupamentos $-N = N-$ ligados a sistemas aromáticos o que lhes confere maior estabilidade química (HONORATO et al., 2015).

O corante azul de metileno é utilizado em diferentes procedimentos de coloração, tendo aplicações nos campos da biologia, da química e da medicina (RENYLAB, 2022). Na indústria têxtil o azul de metileno é muito utilizado no tingimento de algodão e lãs (LIU et al., 2012; HONORATO et al., 2015).

A presença deste corante em corpos d'água quando não há correto tratamento de efluentes para remoção de suas partículas, além de interferir na transparência das águas, restringe a passagem de radiação solar reduzindo a atividade fotossintética natural que acarreta alterações na biota aquática (HONORATO et al., 2015; DA SILVA et al., 2018).

Além disso, de acordo com Liu et al. (2012) o corante azul de metileno é considerado “um composto modelo para estudos de remoção de corantes e de contaminantes orgânicos em soluções aquosas, pois apresenta forte adsorção em suportes sólidos”.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES COLORIDOS

Existem diversos métodos de natureza física ou química empregados para o tratamento de efluentes contendo corantes, tais como coagulação/ floculação, sedimentação, filtração, ozonização, adsorção, eletroquímica, entre outros. Contudo, o método de adsorção é o mais utilizado (OLIVEIRA, SILVA, VIANA, 2013; SILVA, 2017).

De acordo com Araújo et al. (2020) a adsorção é um processo superficial de transferência de massa que permite a retirada de um componente de um fluido por meio de um sólido. Segundo Kamradt (2004), nesta metodologia a remoção de cor proveniente de partículas de corantes ocorre através de dois mecanismos: adsorção e troca iônica. Por sua vez, esses mecanismos sofrem influência de alguns fatores, tais como “interação corante/adsorvente, área superficial de adsorvente, tamanho da partícula, temperatura, pH e tempo de contato” (KAMMRADT, 2004).

O carvão ativado é considerado o adsorvente mais utilizado no método de adsorção, devido sua eficiência na eliminação cor, odor e mau gosto, bem como na

remoção de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água (GUERRA et al., 2015). No entanto, seu uso é limitado devido ao seu alto custo, o que impulsiona a busca por materiais de baixo custo que possam substituí-lo (OLIVEIRA, SILVA, VIANA, 2013; DA SILVA et al., 2018).

Por isso, diversos estudos têm focado no desenvolvimento de materiais adsorventes de origem natural, tendo em vista que são fontes de baixo custo e que são biodegradáveis (CARDOSO, 2012; FREITAS et al., 2017).

2.4 BIOSSORÇÃO

A biossorção é uma subcategoria da adsorção em que o adsorvente é uma matriz biológica (ROSAS et al., 2016). Esta técnica pode ser empregada na recuperação ou remoção de substâncias orgânicas, inorgânicas, solúveis ou insolúveis (metal, corante, fármaco etc). A remoção dessas substâncias ocorre através da força de atração entre o adsorvato (substância contaminante) e adsorvente (material biológico) (PIQUET, MARTINELLI, 2022).

2.4.1 Biossorventes

“O termo biossorvente é utilizado para definir um adsorvente oriundo de biomassa inativa” (CARDOSO, 2012). A utilização dos biossorventes em substituição aos adsorventes comerciais além de apresentar menor custo e grande potencial na remoção de fármacos, metais, corantes e outras substâncias orgânicas, evita contaminações posteriores e possibilita remediação (BELTRAN, et al., 2019; PIQUET, MARTINELLI, 2022).

Por isso o interesse pelos biossorventes é antigo, sendo que em 1996, Longhinotti e colaboradores já haviam identificado que a quitina extraída de exoesqueleto de camarão é eficiente na remoção de azul de metileno de soluções aquosas. Já em 2004, Prado e colaboradores relataram que a quitosana extraída de cascas de camarão é um biopolímero (polissacarídeo) que pode ser aplicado na adsorção e remoção de íons metálicos e corantes igualmente contidos em soluções aquosas. Tal atividade da quitosana foi ressaltada por Silva (2017) que relatou que a quitosana foi efetiva também na remoção de corante reativo laranja de efluentes industriais.

Em contrapartida, Royer (2008) identificou que a casca de pinhão (*Araucaria angustifolia*) pode ser utilizada como bioissorvente alternativo para remoção de corantes em soluções aquosas. Postai (2013) identificou que resíduos da semente de noqueira de Iguape (*Aleurites moluccana*) podem ser utilizados como um material de baixo custo e eficiente na remoção de corantes catiônicos de águas. Cunha (2014) relatou em seu estudo que a casca de arroz (*Salvinia* sp.), é uma alternativa promissora para a remoção dos corantes, podendo ser utilizada como bioissorvente. Já Silva et al. (2020) identificaram que a utilização de casca de maracujá (*Passiflora edulis*) e de uva (*Vitis vinifera*) são bons sorventes de azul de metileno.

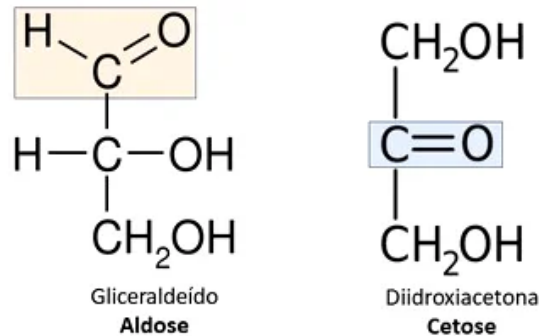
Ainda neste contexto, Beltran et al. (2019) mencionaram que as cascas de tangerina (*Citrus reticulata*) mostraram ser eficientes bioissorventes que podem ser utilizados em tratamentos de efluentes contendo azul de metileno. Enquanto que Rosas et al. (2016), identificaram que a aplicação da biomassa do coco verde (*Cocus nucifera*) foi efetiva para a redução do corante azul de metileno de soluções aquosas e Vicentin (2017), identificou que a bucha vegetal (*Luffa cylindrica*), foi eficiente na adsorção do corante laranja reativo.

França et al. (2011), relatam que o polissacarídeo extraído da semente de *Caesalpinia pulcherrima* possui característica de adsorção de metais ou corantes contidos em água. Já Freitas et al. (2017) relataram que através da adição de mucilagem do quiabo (*Abelmoschus esculentus*), variedade verde e roxa à técnica de coagulação/ floculação foi possível reduzir a dose de coagulante inorgânico, utilizado neste processo de tratamento de águas residuais.

2.5 POLISSACARÍDEOS

Carboidratos também chamados de sacarídeos, glicídios, hidratos de carbono ou açúcares são predominantemente poliidroxialdeídos ou poliidroxicetonas, ou substâncias que produzem tais substâncias por hidrólise (MARTINS, 2008). São compostos orgânicos que apresentam no mínimo três carbonos e todos possuem uma hidroxila, exceto um, que possui a carbonila primária ou secundária, tratando-se do grupamento aldeídico ou cetônico, respectivamente (ARISTIMUNHA, 2014).

FIGURA 2 - ESTRUTURA MOLECULAR ALDOSE E CETOSE



FONTE: Batista (2022).

Os carboidratos podem ser classificados como mono, di ou polissacarídeo. Os monossacarídeos são moléculas formadas por um pequeno número de carbonos, além de outros elementos, como hidrogênio e oxigênio (BATISTA, 2022). Já os dissacarídeos são carboidratos formados pela junção de dois monossacarídeos e os polissacarídeos formados pela união de dez ou mais monossacarídeos (TEIXEIRA, 2020).

Os polissacarídeos são componentes de quase todos os organismos vivos, abundantes nas plantas e em algas marinhas, bem como em fungos e no exoesqueleto de insetos e crustáceos e desempenham diversas funções fisiológicas nesses, dentre elas, fonte/ reserva de energia, estrutural/ sustentação e matéria prima para a biossíntese de outras biomoléculas (SERRATO, 2002; ARISTIMUNHA, 2014, BRÁS, 2015).

Os polissacarídeos são considerados polímeros complexos, heterogêneos, de alto peso molecular e carga negativa e são reconhecidos por suas interações eletrostáticas com proteínas específicas e pelo grande número de atividades biológicas, incluindo propriedades anticoagulantes, antivirais, antitrombóticas, ação antiproliferativa, imunoestimuladora, antitumoral, anti-inflamatória, antinociceptiva, antioxidante, gastroprotetora e antidiarreica (LIMA et al., 2021, p. 2)

Além disso, estudos indicam que os polissacarídeos provenientes de fontes naturais podem atuar no tratamento de efluentes, através de mecanismos como o de coagulação/ floculação e de adsorção (FERRARI, 2015; SCHROEDER, 2016).

2.5.1 Mucilagem

De acordo com Faccio (2015), a mucilagem é um polissacarídeo que ocorre naturalmente em algumas plantas. Quando em contato com a água as mucilagens tornam-se viscosas. A composição da mucilagem depende da sua origem e dos tipos de polissacarídeos que a compõem e são encontradas em diferentes partes das plantas, frutas, sementes, folhas, raízes e nos exsudatos de árvores (LUCCA, 2017).

Devido à abundância de ocorrência na natureza, o interesse na utilização de mucilagens como agentes de tratamento de água tem crescido. Isso porque os polímeros vegetais são considerados opções sustentáveis ao uso de agentes sintéticos, visto que são biodegradáveis e apresentam menor custo (FACCIO, 2015).

2.6 LINHAÇA

A semente do linho (*Linum usitatissimum*), planta pertencente à família *Linaceae*, é popularmente conhecida como linhaça (BENVENUTO, MUDREK, NETZ, 2012; ROCHA, 2017; DANTAS, 2019).

As sementes de linhaça podem ser encontradas em duas variedades, que diferem quanto à coloração, sendo a linhaça marrom, de coloração marrom escuro, e a linhaça dourada, de coloração amarelo claro (BARROSO et al., 2014; LUCYSZYN et al., 2015; ; DE SOUZA, 2016; DANTAS, 2019), conforme ilustrado na Figura 3. Essa coloração é determinada pela quantidade de pigmentos na semente (BARROSO et al., 2014) Ambas as variedades são planas e ovais, com uma das extremidades pontiagudas. (DANTAS, 2019).

FIGURA 3 - VARIEDADES DE LINHAÇA: MARROM E DOURADA



FONTE: Coelho (2022).

As duas variedades de sementes de linhaça apresentam a mesma composição nutricional, consideradas ricas em fibra alimentar solúveis e insolúveis denominadas de goma ou mucilagem. Tais componentes fazem parte da parede secundária da epiderme mucosa da semente (BENVENUTO, MUDREK, NETZ, 2012; BARROSO et al., 2014).

A mucilagem de linhaça é composta por mais de 80% de carboidratos, sendo que o restante do conteúdo é referente a proteínas e cinzas (DANTAS, 2019). A mucilagem de linhaça representa 3,5 a 10,2% do peso total das sementes (VIEIRA et al., 2020). Em virtude de sua capacidade de ligação a água a mucilagem de linhaça apresenta propriedade hidrocolóide (DANTAS, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E EXTRAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DA SEMENTE DE LINHAÇA

As sementes de linhaça dourada, *Linum usitatissimum* (Linaceae), foram adquiridas comercialmente em loja de produtos naturais situada no município de Curitiba-PR.

A extração dos polissacarídeos brutos/nativos das sementes de linhaça seguiu a metodologia de Lopes (2017), com algumas modificações. Nessa a proporção de semente/água utilizada foi de 1:40 (peso: volume). Agitação em agitador magnético por 90 minutos, seguida da utilização de mixer durante 30 minutos (para liberar a mucilagem que fica fortemente aderida a superfície da semente). Após isso, o Lopes (2017) procedeu filtração em peneira simples e espalhou o filtrado sobre um tabuleiro de secagem que foi levado em estufa de circulação de ar a temperatura de 50°C durante 20 horas e em seguida armazenado para análise. Por considerar essa técnica mais onerosa foram feitas as adaptações descritas a seguir.

As sementes de linhaça (100 g) foram colocadas em uma trouxinha de tecido tule em contato com água destilada (600 mL) na proporção 1:6 (semente/água), visando obtenção de maior saturação da quantidade de água utilizada. As sementes em contato com a água destilada foram levadas em agitador magnético por 2 horas a 150 RPM. A utilização do tule permitiu a extração dos polissacarídeos das sementes de linhaça sem a necessidade de filtração das mesmas ao final do tempo de extração. Os polissacarídeos extraídos foram congelados e liofilizados sob pressão de vácuo de 2 mT a temperatura de condensação de 75°C negativos. A amostra resultante da liofilização foi armazenada congelada em freezer.

3.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES COM CORANTE AZUL DE METILENO

O preparo do corante azul de metileno seguiu a metodologia de Scheufele (2014). Foram preparados 100 mL de uma solução estoque na concentração de 1000 mg/L, e filtrada em papel filtro para remover possíveis partículas mal dissolvidas de corante. Para o preparo da solução mãe foram pesados 100 mg de

corante e dissolvidos em 100 mL de água destilada. Em seguida, foram preparadas diluições a partir da solução estoque que deram origem às seguintes concentrações de corante avaliadas neste estudo: 50, 100, 200 e 300 mg/L. Para isso foram utilizados 2,5 mL, 5,0 mL, 10,0 mL e 15,0 mL da solução mãe que foram diluídos em quantidade suficiente de água para a obtenção de 50 mL de cada solução com as concentrações supracitadas.

3.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS EXTRAÍDOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA

A metodologia de Scheufele (2014) foi utilizada para avaliar a capacidade adsorvente dos polissacarídeos brutos/nativos da linhaça. Em erlenmeyer previamente identificado foram adicionados 10 mL de cada concentração teste e, em seguida, foram adicionados 50 mg de polissacarídeo. As amostras foram mantidas sob agitação de 150 RPM, em mesa orbital agitadora (*shaker*), durante 72 horas a temperatura controlada de 25 °C.

Como padrão desta avaliação foi empregado 50 mg de carvão ativado, como controle positivo 50 mg de polissacarídeo quitosana e como controle negativo a diluição avaliada sem exposição a qualquer agente adsorvente. Separadamente, padrão e controles foram avaliados frente às concentrações de corante testadas, sob as mesmas condições descritas para as amostras.

Após o tempo de adsorção, as amostras foram centrifugadas a 3000 RPM por 5 minutos (SCHEUELE, 2014), e alíquotas de 200 µL foram transferidos para microplacas de 96 poços para leitura das absorbâncias em espectrofotômetro Multiskan FC, Thermo Scientific[®], na faixa de 590 nm de comprimento de onda. Para a avaliação da eficácia da remoção das partículas de corante azul de metileno de cada concentração testada, foi realizada uma comparação das medidas de absorbância das amostras, padrão e do controle.

Os resultados foram expressos em porcentagem de remoção de corante de cada diluição.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES E EXTRAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DA SEMENTE DE LINHAÇA

A extração aquosa dos polissacarídeos da linhaça é considerada a metodologia mais indicada, visto que sua semente possui alta capacidade de retenção de água e que a mucilagem que a compõem apresenta característica de solubilização em água (LUI et al., 2018). De acordo com Dantas (2019), nesta metodologia a hidratação das sementes provoca o inchaço das células e, dessa forma, a mucilagem é liberada na superfície das sementes. Contudo, a separação da mucilagem contida na superfície das sementes não é tão simples e muitas vezes o emprego de filtração convencional não é eficaz. Desta forma, foi constatado que a adaptação da metodologia de extração da mucilagem de linhaça dourada apresentou resultado satisfatório, pois permitiu a máxima saturação do meio aquoso de extração sem grandes dificuldades para a separação da mucilagem das sementes. A adaptação da extração está ilustrada nas Figuras 4 e 5 a seguir.

FIGURA 4 - ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXTRAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS DE LINHAÇA



FONTE: A autora (2022).

É possível perceber que na Figura 4, que ilustra a adaptação da metodologia de extração dos polissacarídeos de sementes de linhaça a água utilização como solvente apresenta-se límpida e translúcida, porém após o tempo de extração ela passa a apresentar aspecto turvo, devido sua saturação pela extração dos polissacarídeos, conforme ilustrado na Figura 5.

FIGURA 5 - ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXTRAÇÃO - SATURAÇÃO DO MEIO



FONTE: A autora (2022).

O rendimento de polissacarídeo liofilizado obtido foi de 8,92%, sendo 9,966 g de polissacarídeo obtido a partir de 111,76 g de sementes. O polissacarídeo obtido apresentou coloração branca e aspecto de espuma, com textura macia e frágil à deformação, conforme ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6 - POLISSACARÍDEO DE LINHAÇA

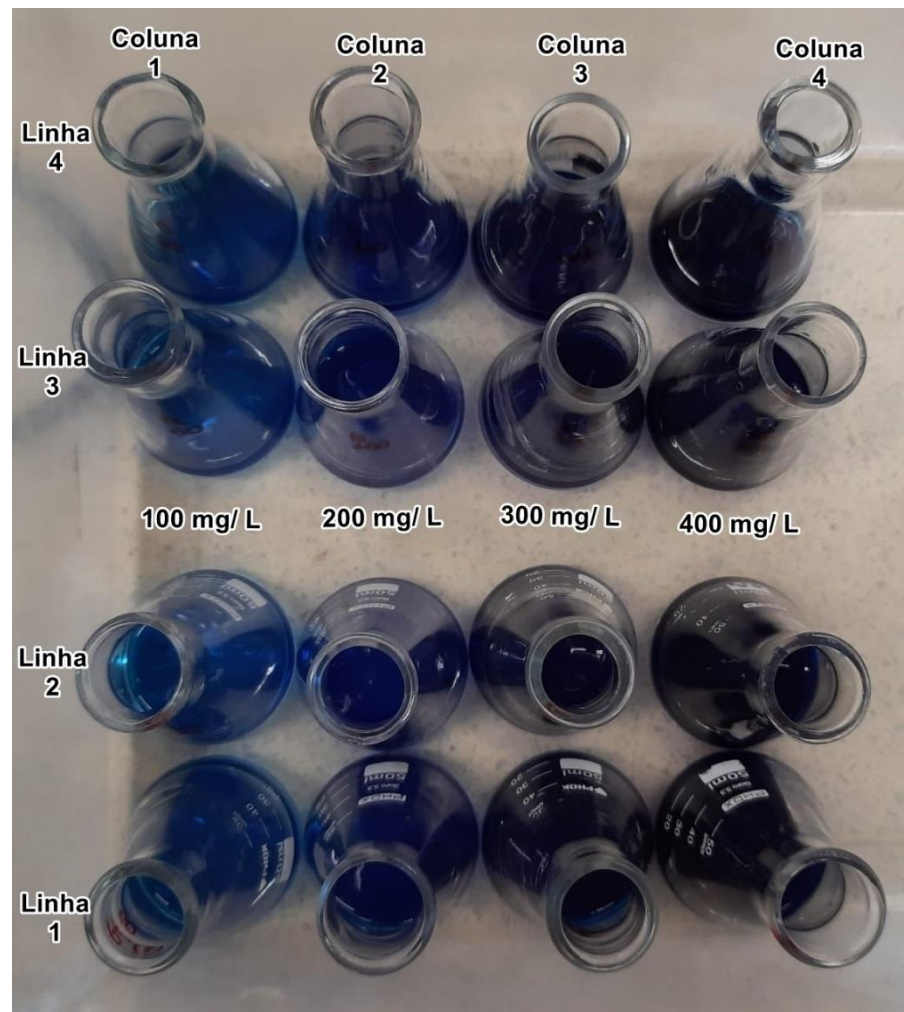


FONTE: A autora (2022).

4.2 ENSAIO DE ADSORÇÃO DE CORANTE AZUL DE METILENO UTILIZANDO POLISSACARÍDEOS BRUTOS EXTRAÍDOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA

As soluções de corante azul de metileno preparadas a partir da solução mãe (1000 mg/L) foram transferidas para erlenmeyers de 50 mL de capacidade (Figura 7), pois essa vidraria foi a mais adequada para permanecer por 72 horas no *shaker*.

FIGURA 7 - SOLUÇÕES DE CORANTE AZUL DE METILENO AVALIADAS



FONTE: A autora (2022).

Na Figura 7 são ilustrados os frascos contendo 10 mL das quatro concentrações de corante avaliadas (100, 200, 300 e 400 mg/L), representadas por cada coluna de frascos. Nos dois frascos inferiores de cada coluna (linhas 1 e 2) foram adicionados 50 mg do polissacarídeo extraído de linhaça, nos frascos da terceira linha de cada coluna foram adicionados 50 mg de quitosana (controle

positivo) e nos frascos da quarta linha foram adicionados 50 mg de carvão ativado (padrão).

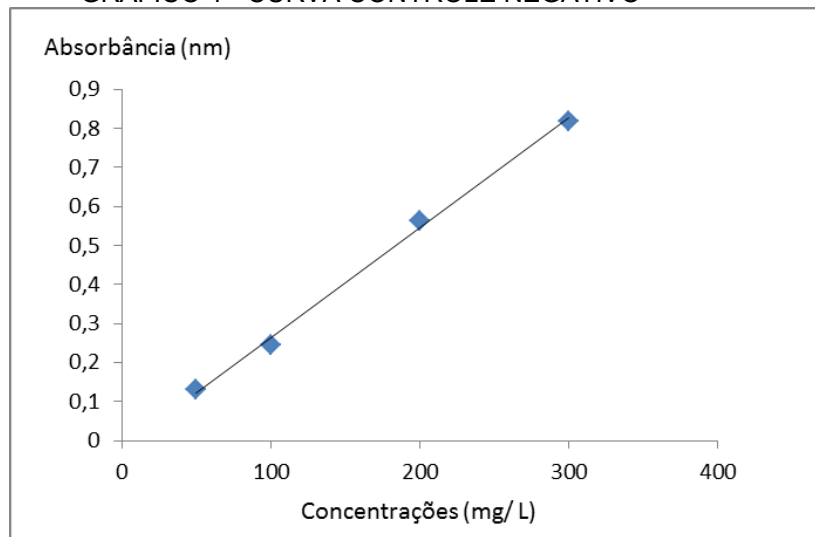
A quitosana foi empregada como controle positivo neste estudo, pois de acordo com Cunha, de Paula e Feitosa (2009), “a quitosana é um polímero hidrofílico que exhibe afinidade por diferentes substâncias, como íons metálicos, herbicidas, pesticidas, corantes, proteínas, lipídeos etc”, e por isso, ela “tem aplicação na adsorção e remoção de íons metálicos e corante de efluentes” (CUNHA, DE PAULA E FEITOSA, 2009). Além disso, estudos como o de Lima, Ribeiro e Aroldi (2006), Vieira, Artifon e Paulino (2017), Artifon, et al. (2018) e Pereira et al. (2019) indicam que a quitosana é eficiente na remoção de azul de metileno de soluções. Já o carvão ativado foi empregado como padrão neste estudo, visto que é “amplamente utilizado na remoção de uma extensa variedade de corantes” (FIDELIS, 2017).

A avaliação da eficiência da remoção das partículas de corantes presentes nas soluções foi realizada através da técnica espectrofotométrica, pois conforme Silva (2017), a mensuração da cor de águas e efluentes costuma empregar esse método.

4.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DE CORANTE AZUL DE METILENO DOS POLISSACARÍDEOS BRUTOS DAS SEMENTES DE LINHAÇA

Inicialmente foi obtida uma curva das concentrações de corante avaliadas. Os valores de absorvância fornecida por essas foram empregadas como controle negativo neste estudo, uma vez que não foram submetidas a nenhum tipo de tratamento de remoção das partículas de corante e, por isso, servem de comparativo para as mesmas concentrações submetidas aos diferentes materiais com capacidade adsorvente.

GRÁFICO 1 - CURVA CONTROLE NEGATIVO



FONTE: A autora (2022).

A curva obtida do controle negativo (Gráfico 1) apresentou a seguinte equação de reta: $y = 0,0028x - 0,0186$, com R^2 de 0,9971 indicando que o método é linear.

Além disso, foram realizadas leituras da absorbância das soluções de cada concentração avaliada submetida ao contato com os adsorventes: polissacarídeo de linhaça, controle positivo (quitosana) e o carvão ativado, por 72 horas. Os valores obtidos das leituras estão expressos na Tabela 1 a seguir.

TABELA 1 - ABSORBÂNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE CORANTE AZUL DE METILENO AVALIADAS SUBMETIDAS A DIFERENTES ADSORVENTES

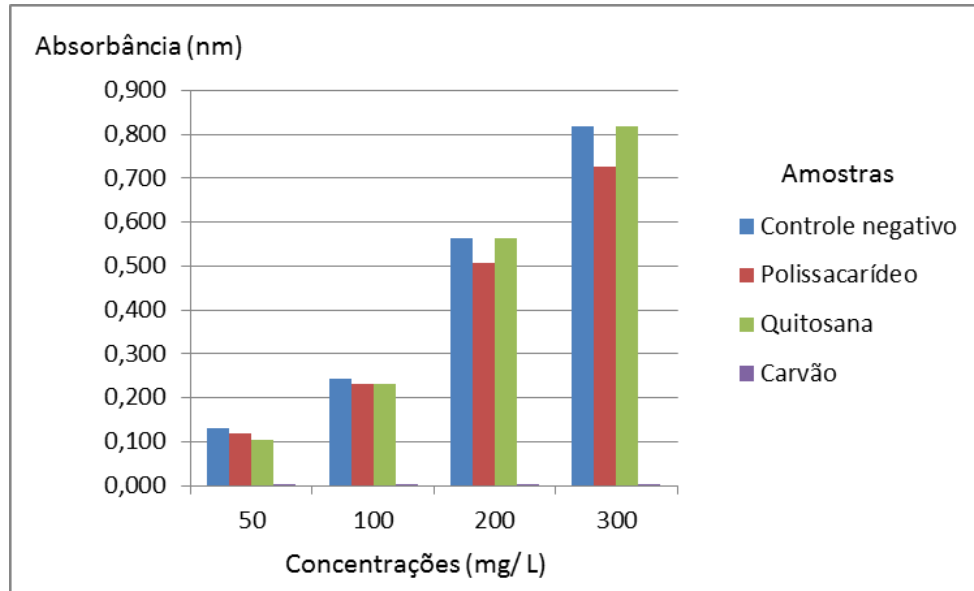
Amostras	Concentrações (mg/L)			
	Absorbância (nm)			
	50	100	200	300
Controle negativo	0,130	0,244	0,564	0,819
Polissacarídeo (linhaça)	0,119	0,230	0,507	0,725
Quitosana	0,104	0,233	0,562	0,818
Carvão ativado	0,003	0,003	0,003	0,003

FONTE: A autora (2022).

Através da Tabela 1 é possível perceber que todos os adsorventes empregados no estudo apresentaram algum grau de remoção de partículas de corantes das soluções aquosas avaliadas, visto que em todos houve redução da

absorbância. O Gráfico 2 ilustra essas diferenças, permitindo melhor visualização dessa capacidade de adsorção.

GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE CADA ADSORVENTE AVALIADO



FONTE: A autora (2022).

A partir do Gráfico 2 é possível perceber que o polissacarídeo de linhaça foi capaz de reduzir a absorbância das soluções de corante estudadas, indicando que esse polissacarídeo pode ser um biossorvente de corante azul de metileno. Nota-se ainda que essa capacidade foi mais evidente nas maiores concentrações testadas.

Além disso, através do Gráfico 2 é possível perceber que o polissacarídeo extraído de linhaça apresentou maior adsorção do corante azul de metileno do que a quitosana, empregada como controle positivo neste estudo devido os relatos de sua capacidade adsorvente de substâncias, com ênfase para a remoção de partículas de azul de metileno de soluções aquosas.

Essa diferença é ainda mais perceptível nas maiores concentrações de corante testadas, em que a quitosana praticamente não apresentou capacidade de adsorvente das partículas de corante, diferentemente do polissacarídeo de linhaça, que justamente nessas concentrações teve destaque. Entretanto, é possível perceber que o carvão ativado apresenta a maior adsorção, pois a leitura das amostras que tiveram contato com esse adsorvente foi praticamente zero, muito próxima da água destilada utilizada para o preparo das soluções avaliadas.

Esse fato já era esperado, pois minutos após a adição do carvão ativado à cada solução foi possível perceber a redução de sua coloração. Tal atividade do carvão ativado é atribuída a sua elevada área superficial e porosidade, características que favorecem a adsorção de moléculas em fase líquida e gasosa, fato que faz dele o adsorvente amplamente empregado na remoção de diversas substâncias (GOUVEIA, 2014).

A diferença de adsorção foi calculada em porcentagem de remoção de corante e os resultados obtidos para cada adsorvente estão indicados na Tabela 2.

TABELA 2 – PORCENTAGEM DE REMOÇÃO DE CORANTE AZUL DE METILENO DOS DIFERENTES ADSORVENTES AVALIADOS

<i>Amostras</i>	<i>Concentrações (mg/ L)</i>			
	50	100	200	300
Polissacarídeo (linhaça)	8,91 %	5,58 %	10,04 %	11,41 %
Quitosana	19,97 %	4,52 %	0,21 %	0,12 %
Carvão ativado	97,70 %	98,77 %	99,47 %	99,63 %

FONTE: A autora (2022).

A partir da Tabela 2 fica ainda mais evidente a elevada capacidade adsorvente do carvão ativado, visto que esse adsorvente apresenta praticamente a remoção total de cor em todas as concentrações avaliadas.

Através dessa tabela também é possível perceber a diferença entre a capacidade adsorvente dos polissacarídeos testados, sendo que o polissacarídeo extraído de linhaça destaca-se nas maiores concentrações avaliadas, apresentando no mínimo 10 % de redução da cor das soluções aquosas. Em contrapartida, o polissacarídeo quitosana apresentou resultado superior ao polissacarídeo de linhaça apenas na menor concentração testada, sendo que a partir de 100 mg/ L o polissacarídeo de linhaça já começa a se destacar quando comparado com a quitosana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi possível perceber que a mucilagem extraída das sementes de linhaça dourada (*L. usitatissimum*) apresenta potencial para atuação como biossorvente de corante azul de metileno de soluções aquosas. Tal capacidade foi identificada principalmente nas maiores concentrações de corante avaliadas (200 e 300 mg/L), em que a mucilagem apresentou cerca de 10 % de redução da coloração dessas.

Além disso, quando comparada à remoção de corante apresentada pela quitosana, um polissacarídeo de origem vegetal cuja capacidade adsorvente é bastante difundida e explorada, percebe-se que o polissacarídeo objeto de estudo apresentou melhores resultados. No entanto, quando comparado com o carvão ativado, adsorvente sintético universalmente utilizado para remoção de substâncias contaminantes de soluções aquosas, a mucilagem de linhaça apresentou capacidade adsorvente inferior. Este fato não descarta a hipótese de que a mucilagem de linhaça possa ser um promissor adsorvente complementar em tratamentos de efluentes coloridos.

Por fim, ressalta-se que este foi um estudo preliminar, sendo necessária a realização de estudos mais aprofundados que utilizem amostragem estatisticamente significativa e avaliem a interferência de fatores como proporção massa de polissacarídeo/ solução colorida, pH das soluções, temperatura e tempo dos ensaios de adsorção, outras opções de corantes, de metodologia de adsorção e de quantificação.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S. S. de. **Produção de materiais adsorventes para remoção de nitrato em meio aquoso**. Dissertação (Mestrado - Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2019, 62 p.
- ARAUJO, E.; PARZIANELLO, I.; ANDRADE, T. D.; da SILVA, E.O.; GUTERRES, F.P.; ALMEIDA, A. R. F. de. Produção de biossorvente a partir de cascas de acácia-negra para remoção de corantes de efluentes. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, 30 mar. 2020.
- ARTIFON, S. E. S. et al. Adsorção de azul de metileno em hidrogéis de quitosana e hidrogéis compósitos de quitosana/magnetita. *In*: **28º SIC UDESC**. 2018, 2 p.
- BARBIERI, S. F. **Biossorção de corantes através do isolado marinho *Paecilomyces sp.*, análise e caracterização de polissacarídeos envolvidos no processo**. Dissertação (Mestrado - Ciências Bioquímicas). Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2014.
- BARROSO, A. K. M. et al. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Rev. Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.1, p.181-187, jan, 2014.
- BASSEM, S. M. Water pollution and aquatic biodiversity. **Biodiversity International Journal**, v. 4 (1), p. 10 - 16, jan. 2020.
- BATISTA, C. **Monossacarídeos**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/monossacarideos/>>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- BELTRAN, L. B. et al. Otimização do processo de biossorção de corante pela casca de tangerina (*Citrus reticulata*). *In*: XI EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica, 2019, Maringá - PR. **XI EPCC - Anais Eletrônico**. Unicesumar. 2019.
- BENVENUTO, A. H. et al. Semente de linhaça como matéria-prima para ativos e excipientes cosméticos. Univali. Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/Alexandra%20Benvenuto,%20Pollyana%20Mudrek.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- BRÁS, N. Polissacarídeos. **Rev. de Ciência Elementar**, v. 3, n. 4, dez. 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde** – Brasília : Ministério da Saúde, 212 p, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

CEMIN, A. **Extração, caracterização e utilização da lignina de Eucalyptus grandis na remoção do corante azul de metileno**. Tese (Doutorado - Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2019, 110 p.

COELHO, A. M. **Diferenças entre a linhaça dourada e a linhaça marrom**. Disponível em: < <https://www.linhaca.net.br/diferencas-entre-a-linhaca-dourada-e-a-linhaca-marrom/#bio> >. Acesso em: 08 ago. 2022.

CUNHA, B. dos. S. **Utilização de biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis**. Monografia (Bacharel - Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

CUNHA, P. L. R. da.; DE PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Rev. Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 649-660, 2009.

DA SILVA, et al. Tratamento de efluentes na remoção de corantes utilizando biomassas. **Rev. Eletrônica - Estácio Recife**, p. 1 - 9, 2018.

DANTAS, F. B. **Estudo do efeito da adição de farinha e mucilagem de linhaça marrom como espessante de bebida láctea achocolatada**. Dissertação (Mestrado - Dissertação - Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2019, 98 p.

DE SOUZA, S. J. **Produção e caracterização de filmes compostos de mucilagem da semente da linhaça marrom e poli (álcool vinílico)**. Monografia (Bacharel - Engenharia de Alimentos). Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2016, 37 p.

FACCIO, C. **Caracterização e uso da mucilagem do jaracatiá [*Carica quercifolia* (A. St.-Hil.) Hieron] na adsorção de papaína**. Tese (Doutorado - Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2015, 132 p.

FERRARI, C. T. DA. R. R. **Uso de coagulantes naturais no tratamento de efluente da indústria de alimentos**. Dissertação (Mestrado - Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, PR, 2015, 64 p.

FIDELIS, R. A. **Adsorção dos corantes Auramina-O e Safranina-T em bagaço de cana carboxilado: Estudos em sistemas mono- e bicomponente em batelada**. Dissertação (Mestrado - Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017, 122 p.

FRANCA, L. G. da. et al. **Utilização de polissacarídeos naturais como materiais adsorventes de íons metálicos**. Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Tecnologia em Saneamento Ambiental. Limoeiro do Norte, CE, 201, 6 p.

FREITAS, T. K. F. S. et al. Comparação de coagulantes naturais extraídos do quiabo roxo e verde para o tratamento de efluente têxtil. *In: 57º Congresso Brasileiro de Química*. Gramado, RS, out. 2017.

GIRARDI, R.; PINHEIRO, A.; VENZON, P. T. Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, e2, p. 1 - 14, 2019.

GOMES, M. A. F. Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. **Embrapa**, p. 1 - 4, 2011.

GOUVEIA, A. DE. F. **Remoção de azul de metileno e vermelho remazol por adsorção utilizando lodo de estação de tratamento de água e carvão ativado granular**. Monografia (Engenheira - Engenharia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, PR, 2014, 91 p.

GUERRA, E. D. et al. Produção de carvão ativado a partir de sementes de juá para tratamento de água contaminada com corante têxtil. *In: II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro*. 2015, 6 p.

HONORATO, A. C. Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**. v.19, n.7, p.705–710, jun. 2015.

JACOBOSKI, B. K.; FACHINETTO, J. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. **Rev. Eng Sanit Ambient**, v.27, n.3, p. 489-497, maio/jun 2022.

KAMMRADT, P. B. **Remoção de cor de efluentes de tinturarias industriais através de processo de oxidação avançada**. Dissertação (Mestrado - Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 200. 92p.

LIMA, I. S.; RIBEIRO, E. S.; AIROLDI, C. O emprego de quitosana quimicamente modificada com anidrido succínico na adsorção de azul de metileno. **Rev. Quím. Nova**, v. 29, n. 3, 2006, p. 501 – 506.

LIMA, Y. V. et al. Polissacarídeos naturais como abordagem terapêutica experimental no trato gastrointestinal: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. 1 - 23, dez. 2021.

LIU, T. et al. **Adsorption of methylene blue from aqueous solution by graphene**. *Rev. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 90, fev. 2012, p. 197-203.

LONGHINOTTI, E. et al. Adsorção de azul de metileno e cronato amarelo pelo biopolímero quitina. **Rev. Quím. Nova**. v. 19, n. 3, 1996, p. 221 - 224.

LOPES, A. C. **Mucilagem de chia e sua utilização no processamento de biscoito salgado isento de glúten**. 73 p. Dissertação (Mestrado - Tecnologia de alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

LUCCA, A. **Extração, caracterização e aplicação do biopolímero da planta *Pereskia aculeata miller* como auxiliar coagulante/floculante no processo de tratamento de água**. Dissertação (Mestrado - Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017, 71 p.

MARTINS, M. DOS. R. **Carbono orgânico e polissacarídeos em agregados de um latossolo vermelho eutrófico em sequências de culturas sob semeadura direta**. Dissertação (Mestrado Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp. Jaboticabal, SP, 2008, 45 p.

NASCIMENTO, A. C. D. R. et al. Avaliação do espectro de absorção de diferentes fotossensibilizadores. *In: XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência* – Universidade do Vale do Paraíba, out. 2016.

NÓBREGA, M. A. DOS S. et al. Impactos ambientais perceptíveis em ecossistemas urbanos e os índices de qualidade da água. **Ensaio Cienc., Cienc. Biol. Agrar. Saúde**, v. 18, n. 4, p. 195-203, jan. 2014

OLIVEIRA, S. P.; SILVA, L. L.; VIANA, R. R. Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio. **Revista Cerâmica**, v. 59, p. 338-344, 2013.

SIGMA-ALDRICH. **Product Specification - Methyl Blue**. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/specification-sheets/958/329/M6900-BULK_____SIGMA_____.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.

PEREIRA, I. C. B. et al. Remoção do corante azul de metileno utilizando materiais de baixo custo como bioadsorvente alternativo (casca de camarão). *In: 59º Congresso Brasileiro de Química*. João Pessoa, PB. 2019.

PRADO, A. G. S. Comparative adsorption studies of indigo carmine dye on chitin and chitosan. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 277, Issue 1, set. 2004, p. 43-47.

PIQUET, A. B. M.; MARTELLI, M. C. Bioadsorventes produzidos a partir de resíduos orgânicos para remoção de corantes: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, fev. 2022.

POSTAI, D. L. **Adsorção de corantes com o resíduo das sementes de *Aleurites moluccana* L. Willd (Euphorbiaceae)**. Monografia (Bacharel - Farmácia). Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, SC, 2013, 70 p.

RENYLAB. Diagnósticos *in vitro*. **Azul de metileno**. Disponível em: <<https://www.renylab.ind.br/wp-content/uploads/2018/04/Azul-de-Metileno.pdf>> . Acesso em: 23 de un. 2022.

ROSAS, V. H. et al. Avaliação da técnica de bioissorção de corante utilizando a biomassa de coco verde: uma alternativa sustentável para o tratamento de efluentes industriais. *In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO; Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil*. João Pessoa/PB, Brasil, out. 2016.

ROYER, B. **Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de *Araucaria angustifolia* como bioissorvente**. Dissertação (Mestrado - Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, 2008, 68 p.

SCHEUFELE, F. B. **Estudo da remoção do corante reativo azul 5g utilizando bagaço de cana-de-açúcar como adsorvente**. Tese (Doutorado - Desenvolvimento de Processos). Universidade Estadual de Maringá, Engenharia Química. Maringá, 2014, 203 p.

SCHROEDER, L. H. **Tratamento físico-químico por coagulação - floculação - sedimentação de efluente de indústria de celulose**. Monografia (Bacharel - Química Tecnológica). Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBI, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, PR, 2016, 60 p.

SERRATO, R. V. **Caracterização química de carboidratos presentes em *Spondias cytharea* (cajá)**. Monografia (Bacharel - Ciências Biológicas). Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2002, 45 p.

SILVA, A. C. O. **Estudo de adsorção do corante reativo laranja 16 com quitosana e seus derivados**. Tese (Doutorado - Química e Biotecnologia). Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2017, 163 p.

SILVA, J. G. DOS. S.; MENDES JUNIOR, R. S.; LOBATO, A. K. DE. C. L. **Coagulantes Naturais Utilizados no Tratamento de Efluentes em Indústrias Têxteis. Periódicos UFBA**, Salvador, BA, mar. 2020.

SOUZA, M. S. **Desenvolvimento de sistema de liberação modificada utilizando a mucilagem da semente de *Linum usitatissimum* L. (linhaça)**. Dissertação (Mestrado - Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde). Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2017, 114 p.

TEIXEIRA, G. **Detecção de carboidratos**. Experimentoteca Edu. Amb. – 15. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2020, 18 p.

TROMBINI, R. B.; OBARA-DOI, S. M. Remoção de cor e análises físico-química de efluentes de indústrias têxteis tratados com *Ganoderma* spp. **Revista Fap Ciência**, Apucarana-PR, v.9, n. 12, p. 101 – 122, 2012.

VICENTIN, B. M. **Estudo da adsorção de corante têxtil em fibras naturais de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*)**. Monografia (Bacharelado - Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2017, 43 p.

VIERA, S. R. et al. Influência do PH e concentração salina na propriedade espumante da goma de linhaça (*Linum usitatissimum* L.). **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 6, p.40924-40940, jun. 2020.

VIEIRA, T.; ARTIFON, S. S.; PAULINO, A. T. adsorção de azul de metileno utilizando diferentes hidrogéis de quitosana. *In: 27º SIC UDESC*. 2017, 2 p.

VILASECA, M.; LÓPEZ-GRIMAU, V.; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C. Valorization of Waste Obtained from Oil Extraction in *Moringa Oleifera* Seeds: Coagulation of Reactive Dyes in Textile Effluents. **Rev. Materials**, v. 7, p. 6569 - 6584, set. 2014.