



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARINA RODRIGUES BEZERRA

**ESTUDO DA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO, EM SOLUÇÕES
AQUOSAS, UTILIZANDO QUITOSANA COMO ADSORVENTE**

CARAÚBAS-RN
2022

MARINA RODRIGUES BEZERRA

**ESTUDO DA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO, EM SOLUÇÕES
AQUOSAS, UTILIZANDO QUITOSANA COMO ADSORVENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Caraúbas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Guymmann Clay da Silva -
UFERSA

CARAÚBAS-RN
2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

B574e Bezerra, Marina Rodrigues.
Estudo da remoção do corante azul de metileno,
em soluções aquosas, utilizando quitosana como
adsorvente / Marina Rodrigues Bezerra. - 2022.
62 f. : il.

Orientadora: Guymann Clay da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Biopolímero. 2. Indústria têxtil. 3.
Efluentes têxteis. 4. Escassez hídrica. I. da
Silva, Guymann Clay, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

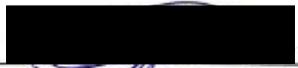
MARINA RODRIGUES BEZERRA

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 28 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA


Guymmann Clay da Silva, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente


Daniel Freitas Freire Martins, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


/ Wyssley Douglas Alves Paiva, Me. (IFRN)
Membro Examinador

*Dedico este trabalho a minha amada mãe de
coração, Maria Eliene Rodrigues Teixeira,
Deus te levou cedo, mas sei que estará sempre
comigo, minha estrela.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus grandioso que em nenhum momento me deixou desamparada, me sustentando e me dando forças para chegar aonde me encontro, agradeço ainda mais por seu infinito amor e misericórdia. Em seguida, agradeço a minha família por todo apoio, dedicação e esforço para eu permanecer na faculdade, em especial aos meus pais, Maria da Conceição e José Uberlândio, e também aos meus pais de coração Maria Eliene e José Sampaio, vocês são indescritivelmente os amores da minha vida. Aos meus irmãos, Monalisa Rodrigues, Danmario Rodrigues e Cleogenes Rodrigues, e aos meus sobrinhos Pedro Ryan e José Edgar, vocês fazem parte da base que me sustenta e sem vocês nada posso ser, por todos vocês eu estou aqui concluindo mais uma etapa e para vocês darei e farei sempre o meu melhor.

Agradeço de todo coração ao meu amado João Luiz, pelos conselhos, incentivos, puxões de orelha, apoio, companheirismo, por todo amor e dedicação que você tem por mim. Obrigada por permanecer ao meu lado nos momentos de risos e principalmente de lágrimas, te agradeço tanto por ser meu suporte em decorrência dos acontecimentos dos últimos meses, desde as crises de ansiedade e saudade da minha família até ser meu chão com a notícia do falecimento de minha mamãe do coração. Obrigada por ser a minha família e por fazer a sua família me acolher com tanto amor e aprovação como membro. Obrigada por ser um grande exemplo pra mim, ser tão dedicado, esforçado, persistente, por ter tanta força de vontade, você é um homem incrível com um coração enorme. Você é extremamente especial na minha vida, te amo.

Não poderia esquecer de agradecer aos meus amigos que estiveram comigo durante esta jornada, primeiramente ao meu grande amigo e irmão, Emanuel Vitor, por ser sempre companheiro, atencioso e me ajudar nos meus momentos mais difíceis, você foi o anjo que Deus me mandou, além de tudo me espelho na sua perseverança, na sua positividade, sem dúvida alguma você contribuiu na minha vida e na minha formação acadêmica, obrigada pela sua amizade, pelo seu apoio e palavras sinceras de um grande amigo, você é muito importante.

Agradeço também ao meu amigo, Jardel Lima, por todas as risadas, brincadeiras e diversões que fizeram o meu dia melhor, obrigada pela sua amizade, você estará sempre no meu coração. Agradeço a minha grande amiga, Rokátia Lourrany, por todos os conselhos, pelo conhecimento compartilhado, por ser muitas vezes meu apoio, por termos convivido juntas, você é muito especial na minha vida. Agradeço imensamente a minha literalmente grande amiga, Geovanna Maia, você foi como um anjo que apareceu na minha vida, obrigada por toda a compreensão, ajuda, companheirismo, conselhos, e que nossa amizade perdure por muitos anos.

Agradeço de todo coração e com grande amor a melhor orientadora de todas, Guymmann Clay, também conhecida como “Guy-mãe”, não é difícil perceber o quanto você é sensacional como profissional, como afirmava Anísio Teixeira “Educar é crescer. E crescer é viver. Educação é vida no sentido mais autêntico da palavra.”, você se doa com todo amor pelos seus alunos. Ao longo dessa jornada educativa, conhecimentos são compartilhados, laços são feitos, amizades construídas, tenho muito orgulho e satisfação de ter tido a oportunidade de aprender com você e acima de tudo termos criado laços de amizade, você é uma mulher incrível, guerreira, forte, inteligente, empoderada, e além de tudo tem um coração enorme. Obrigada por toda sua ajuda, nada disso seria possível sem a sua dedicação, conte comigo sempre na jornada da vida.

Agradeço a todos que passaram pela minha vida e contribuíram diretamente ou indiretamente para esse momento acontecer, principalmente a todos os professores que transmitiram seu conhecimento fortalecendo esta jornada, em especial cito as minhas antigas professoras do ensino médio, Katia Rodrigues, Ivani Moraes e Aline Teixeira, obrigada por todo apoio, vocês são exemplos de mulheres e profissionais. E também a todos os professores deste caminho de graduação.

Agradeço à banca examinadora, ao Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins, o Prof. Me. Wyslley Douglas Alves Paiva, e a Prof. Dra. Guymmann Clay da Silva, pelo tempo dedicado de bom grado para contribuir com este trabalho.

Deus transforma choro em sorriso, dor em
força, fraqueza em fé e sonhos em realidade.

Autor Desconhecido

RESUMO

Considerando o desenvolvimento das indústrias têxteis, bem como em conjunto a esse fator, o crescente índice de poluição hídrica devido a deposição de efluentes gerados pelos processos industriais desse ramo (dentre estes, em especial os corantes, como o azul de metileno) faz-se necessário o uso de técnicas de adsorção desse tipo de substância. Isso, dar-se devido a sua influência direta na estética dos recursos hídricos e a vida aquática presente, bem como os prejuízos ocasionados pelo seu uso, desde a alteração da água, como também os fenômenos de toxicidade e fotossíntese. Diante disso, o biopolímero quitosana produzido através da desacetilação da quitina (encontrada em exoesqueletos de crustáceos) é tido como uma substância bastante eficaz e viável para a aplicação do método de adsorção; isso, tendo em conta a sua não toxicidade, biocompatibilidade, assim como o fato de ser biodegradável e possuir baixo custo, podendo ser aplicada de diversas formas. Assim, o objetivo geral deste trabalho é remover o corante azul de metileno de soluções aquosas utilizando a quitosana como adsorvente. Para tanto, foi realizada a caracterização da quitosana por meio dos ensaios de purificação, determinação do teor de sólidos, da massa molar média e do grau de desacetilação, e ainda os estudos das variações de tempo de contato da solução com a quitosana, concentração da solução, da massa de quitosana; e por fim, a execução da porcentagem de remoção do corante azul de metileno nas amostras. Os ensaios de caracterização da quitosana exibiram que o teor de sólido foi de 56,82%, a massa molar média foi $1,27 \times 10^4$ g/mol e o seu grau de desacetilação foi de 57,06%. Quanto ao tempo de contato, a melhor remoção foi em 60 min, a concentração foi de 14 mg/L e a massa de quitosana que apresentou a maior porcentagem de remoção foi a de 0,8 g, com 87,81 %. Dessa forma, o uso da quitosana como adsorvente tem capacidade para contribuir com a remoção dos corantes e assim possibilitar o reaproveitamento da água dos efluentes têxteis.

Palavras-chave: biopolímero; indústria têxtil; efluentes têxteis; escassez hídrica.

ABSTRACT

Considering the development of textile industries, as well as in conjunction with this factor, the growing rate of water pollution due to the deposition of effluents generated by industrial processes in this branch (among these, in particular dyes, such as methylene blue) is made the use of adsorption techniques for this type of substance is necessary. This is due to its direct influence on the aesthetics of water resources and the aquatic life present, as well as the damage caused by its use, from the alteration of water, as well as the phenomena of toxicity and photosynthesis. In view of this, the biopolymer chitosone produced through the deacetylation of chitin (found in exoskeletons of crustaceans) is seen as a very effective and viable substance for the application of the adsorption method; this, taking into account its non-toxicity, biocompatibility, as well as the fact that it is biodegradable and has a low cost, and can be applied in different ways. Thus, the general objective of this work is to remove methylene blue dye from aqueous solutions using chitosan as adsorbent. For this purpose, the characterization of chitosan was carried out through purification tests, determination of solids content, average molar mass and the degree of deacetylation, and also studies of variations in contact time of the solution with chitosan, concentration of solution, from the chitosan mass; and finally, the execution of the percentage of methylene blue dye removal in the samples. The chitosan characterization tests showed that the solid content was 56.82%, the average molar mass was $1,27 \times 10^4$ g/mol and its degree of deacetylation was 57.06%. As for the contact time, the best removal was in 60 min, the concentration was 14 mg/L and the mass of chitosan that showed the highest percentage of removal was 0.8 g, with 87.81%. Thus, the use of chitosan as an adsorbent has the capacity to contribute to the removal of dyes and thus enable the reuse of water from textile effluents.

Keywords: biopolymer; textile industry; textile effluents; water scarcity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura molecular do azul de metileno	21
Figura 2 - Comparação das estruturas de quitina e quitosana com a diferença no grau de desacetilação.....	23
Figura 3 - Representação do fenômeno de adsorção e as designações utilizadas.	28
Figura 4 - Solução de ácido acético com quitosana sob agitação.....	32
Figura 5 - Adição da solução de hidróxido de sódio e precipitação da quitosana purificada.	32
Figura 6 - Etapa de secagem da quitosana.....	33
Figura 7 - Sistema montado para realização da viscosimetria capilar.....	35
Figura 8 - Processo de dissolução da amostra de quitosana em solução de HCl.	36
Figura 9 - Procedimento montado para realização da titulação condutimétrica.	37
Figura 10 - Béquer com solução e quitosana no estudo de tempo de equilíbrio.	39
Figura 11 - Três primeiras alíquotas.....	39
Figura 12 - Béqueres com diferentes concentrações de AM e massa fixa de quitosana.	40
Figura 13 - Amostras após centrifugação.	41
Figura 14 - Béqueres com diferentes massas de quitosana.	42
Figura 15 - Amostras de massas diferentes após 30 minutos de centrífuga.	42
Figura 16 - Relação viscosidade relativa em função da concentração de quitosana.	44
Figura 17 - Relação das viscosidades reduzida (quadros) e inerente (círculos) em função da concentração de quitosana.	45
Figura 18 - Curva da titulação condutimétrica.	46
Figura 19 - Valores de absorbâncias em função da concentração.....	49
Figura 20 - Relação entre concentração de remoção e o tempo de contato.	51
Figura 21 - Concentração de remoção em função da variação da concentração.....	54
Figura 22 - Concentração de remoção em função da variação da massa de quitosana.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise de teor de sólidos da quitosana.	43
Tabela 2 – Valores obtidos das viscosidades da solução de quitosana.....	44
Tabela 3 - Resultados da titulação condutimétrica da amostra de quitosana purificada.	47
Tabela 4 - Valores das absorvâncias das concentrações do AM e as concentrações obtidas. .	48
Tabela 5 - Valores de tempo de contato, absorvância e concentração de remoção.....	50
Tabela 6 - Valores de tempo de contato e eficiência de remoção.	52
Tabela 7 - Valores do estudo da variação de concentração do corante.	53
Tabela 8 – Estudo da variação da massa de quitosana.	55
Tabela 9 – Estudo da variação de massa de quitosana e eficiência de remoção.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abs – Absorbância;

AM – Azul de Metileno;

Dr(a) – Doutor(a);

Me – Mestre;

pH – Potencial hidrogeniônico;

Ka – Constante de dissociação.

LISTA DE SÍMBOLOS

η_r – Viscosidade relativa;

t – Tempo;

η_{sp} – Viscosidade específica;

η_{red} – Viscosidade reduzida;

C – Concentração da solução de quitosana;

C_r – Concentração de remoção da quitosana;

$\% R$ – Eficiência de remoção;

η_{iner} – Viscosidade inerente;

$[\eta]$ – Viscosidade intrínseca = Coeficiente linear;

$[\eta]^2$ – Viscosidade intrínseca = Coeficiente angular;

k – Constante de Huggins;

X_D – Grau médio de desacetilação da quitosana;

M_A – Massa molar da unidade acetilada;

ΔV – Volume de solução de hidróxido de sódio necessário para protonação dos grupos amino da quitosana;

C_{NaOH} – Concentração molar da solução de hidróxido de sódio;

ΔM – Diferença entre a massa molar da unidade acetilada e massa molar da unidade desacetilada;

m_c – Massa da amostra de quitosana;

w_s – Teor de sólidos;

$m_{c,S}$ – Massa de quitosana seca;

$m_{c,U}$ – Massa de quitosana úmida;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 GERAL	19
2.2 ESPECÍFICOS	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL	20
3.2 CORANTES	20
3.2.1 Corante azul de metileno	21
3.3 QUITOSANA	22
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA	23
3.4.1 Determinação da massa molar média	24
3.4.2 Determinação do grau médio de desacetilação	26
3.4.3 Determinação do teor de sólidos	27
3.5 PROCESSO DE ADSORÇÃO COM QUITOSANA NA REMOÇÃO DE CORANTES	27
3.5.1 Eficiência de remoção	29
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1 MATERIAIS	30
4.2 MÉTODOS	31
4.2.1 Caracterização da quitosana	31
4.2.2 Construção da curva de calibração do azul de metileno	37
4.2.3 Remoção do azul de metileno por quitosana	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA	43
5.1.1 Determinação do teor de sólidos	43
5.1.2 Determinação da massa molar média	43
5.1.3 Determinação do grau de desacetilação	46

5.1.4	Curva de calibração do azul de metileno.....	48
5.1.5	Remoção do azul de metileno por quitosana.....	49
6.	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Em face do cenário atual, sabe-se que o planeta Terra é coberto por uma imensidão de água que é imensurável para a vida humana. No geral sua porcentagem sobressai a de terra, mas no quesito potável essa porcentagem decai drasticamente, ocasionando até o risco de escassez hídrica em decorrência do mal uso e em larga escala da mesma, assim, um grande fator contribuinte para tal risco é a abundante utilização de água potável nas indústrias têxteis. Atualmente no Brasil as indústrias têxteis estão contidas nas mais valiosas e importantes contribuintes para o setor industrial (SOUZA, 2009).

Contudo, em detrimento da larga escala de água utilizada, um assunto desmedidamente discutido são os efluentes gerados durante processos industriais pela indústria têxtil, afinal, são diversos materiais aplicados em seus procedimentos, incluindo nesta lista produtos como ácidos, corantes, dentre outros. Deste modo, essas atividades geram um alto grau de impacto ambiental (HOLKAR *et al.*, 2016).

Apesar da realização de tratamentos nesses efluentes, entretanto, muitos desses tais procedimentos ainda não são totalmente eficazes e viáveis pelo custo e também na remoção dos corantes que permanecem na solução. Uma vez que sua presença mesmo que em baixas concentrações acabam por afetar as propriedades organolépticas da água, além disso, podem causar alergias, são potencialmente carcinogênicos e mutagênicos, ocasionando o impasse do seu uso (DE MELO *et al.*, 2007; BAE *et al.*, 2007; SPONZA, 2006).

Um corante bastante usual na indústria é o azul de metileno (AM), utilizado para coloração de lãs, algodões, também na coloração de papel e na medicina. É um corante catiônico, que presente em efluentes têxteis, pode ocasionar efeitos prejudiciais à saúde humana, como vômitos, cianose, aumento da frequência cardíaca, icterícia e dentre outros. Os efeitos do seu uso, quanto a solubilidade em água, pode afetar diretamente a estética dos recursos hídricos e a vida aquática presente (UDDIN *et al.*, 2009; ZENDEHDEL *et al.*, 2011; SALLEH *et al.*, 2012). A remoção deste corante em questão, devido os prejuízos ocasionados pelo seu uso, torna-se um grande desafio.

Sabe-se da dificuldade e complexidade em realizar o tratamento de rejeitos nos quais suas substâncias possuem a presença de corantes, principalmente se os tratamentos forem através de processos biológicos, afinal, os corantes são geralmente compostos não biodegradáveis, o que dificulta o seu tratamento (GUSMÃO, 2014). Além disso, apresentam características quanto a resistência a agentes oxidantes e alta estabilidade dificultando o

processo por meio de digestão aeróbia ou anaeróbia (FORGACS *et al.*, 2004; OGUZ, *et al.*, 2005; GOLOB *et al.*, 2005).

Contudo, existem vários métodos de tratamentos físicos e químicos utilizados em efluentes contaminados com corantes, exemplos são adsorção, precipitação química, ozonização, sorção entre outros, entretanto, os processos de sorção, ou seja, adsorção e absorção em conjunto, é o mais apropriado e utilizado (FREIRE *et al.*, 2018). Assim, existem materiais mais convencionais usados nos métodos de adsorção como o carvão ativado, todavia, a sua utilização não é capaz de promover uma destruição eficiente dos substratos (GUSMÃO, 2014). Além disso, em consequência do alto custo na utilização, limita a sua aplicação (ROBINSON *et al.*, 2011).

Outro material que pode ser utilizado com o método de adsorção é a quitosana, um polímero produzido por meio da desacetilação da quitina, bastante encontrada em exoesqueleto de crustáceos como, por exemplo, o camarão e o caranguejo (ABREU *et al.*, 2013). Sua utilização se dá em detrimento da sua não toxicidade, ser biocompatível, biodegradável, ademais possuir baixo custo, e poder ser aplicada em muitas áreas (FREIRE *et al.*, 2018). Assim, a quitosana torna-se uma opção de material que possui características eficazes para o tratamento de rejeitos têxteis, auxiliando na remoção de corantes como o azul de metileno, com metodologia mais sustentável e custo benefício, pois é abundante na natureza, pode contribuir para a diminuição do risco de escassez hídrica, e efetuar uma moderação aos impactos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Remover o corante azul de metileno de soluções aquosas utilizando quitosana como adsorvente.

2.2 ESPECÍFICOS

- Purificar a quitosana;
- Determinar o teor de sólidos da quitosana;
- Obter a massa molar média da quitosana;
- Determinar o grau de desacetilação da quitosana;
- Estudar a variação do tempo de contato da solução com a quitosana;
- Estudar a variação da concentração da solução com o corante;
- Estudar a variação da massa de quitosana;
- Calcular a porcentagem de remoção do corante azul de metileno nas amostras.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

É indiscutível o efeito proporcionado pela Revolução Industrial, principalmente no que diz respeito ao crescimento em escala das indústrias têxtis, conforme Kon e Coan (2009), a indústria têxtil brasileira começou a adquirir relevância para seu desenvolvimento na chegada do século XX, fortalecendo-se principalmente na década de 1940. Consequente, os autores Fujita e Jorente (2015), ressaltam que no ano de 2011 o Brasil estava na 8ª posição entre os maiores produtores do mundo têxtil e na 7ª posição para a produção de artigos confeccionados. Assim sendo, como afirma Cavalcanti (2021), o setor têxtil possui uma alta relevância principalmente no Brasil, pois é a 5ª maior indústria na área.

A medida em que existe o crescimento das indústrias têxtis, existe também o crescimento com relação aos materiais utilizados em seus processos, e um dos materiais mais consumidos é a água potável, assim de acordo com Toledo (2004), os maiores consumidores de água doce disponível no mundo são a agricultura, com consumo em torno de 70%, e por conseguinte a indústria, com 22% de consumo. Dessa maneira, a indústria têxtil torna-se responsável por produzir um grande volume de efluentes.

Segundo Ferrari (2007), dentre os processos envolvidos na indústria têxtil, os que geram uma quantidade mais elevada de efluentes são os processos de lavagem, tingimento e acabamento, ocasionando uma quantidade substancial de corantes nos efluentes. Logo, no que diz respeito ao impacto ambiental deles, principalmente os corantes que são caracterizados por serem altamente coloridos (BELLO, 2000), geram o efeito visual e desobediência a requisitos ambientais.

3.2 CORANTES

No que diz respeito aos corantes, segundo Carneiro e Zanoni (2016), os corantes são substâncias orgânicas que refletem a luz absorvida para um substrato que são extremamente coloridas ou fluorescentes. Soares (1998), ainda comenta que os corantes podem ser utilizados em inúmeras matérias-primas (Materiais têxteis, papel, couro).

Por consequência do crescimento industrial, a demanda por corantes têxteis aumenta significativamente, dentre eles, os corantes reativos, sendo os mais aplicados no processo de tingimento (AKSU e TEZER, 2005; MATYJAS *et al.*, 2003). Eles representam uma classe de corantes sintéticos, com grupos eletrofilicos existentes em sua molécula possibilitando a

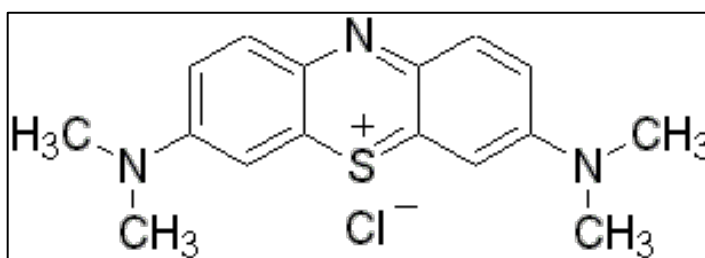
formação de ligações covalentes com os grupos hidroxila da fibra celulósica, através de uma reação química de substituição do grupo eletrofílico pelo grupo hidroxila da fibra (KIMURA *et al.*, 1999; MATYJAS *et al.*, 2003).

Dessa forma, afirmam Burkinshaw e Salihu (2013) que são produzidas mais de 700 toneladas de corantes para o manuseio do setor têxtil, ademais ficando com a responsabilidade majoritária da produção até o descarte final das substâncias (ALMEIDA, DILARRI, CORSO, 2016). Fica evidente a quantidade de substâncias que os efluentes contêm após o procedimento completo das indústrias, além do risco potencial para o meio ambiente e a humanidade.

3.2.1 Corante azul de metileno

Comumente utilizado como um corante bacteriológico e indicador, o azul de metileno trata-se de um composto aromático heterocíclico, que em seu estado sólido, possui uma coloração verde escura, quando solubilizado em água, produz uma coloração azulada e inodora. Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}ClN_3S$, e sua massa molar: 319,85 g/mol. As aplicações científicas dessa substância são vastas, como especialmente, na química, ciências médicas e na biologia (ALLEN; KOUMANOVA, 2005; ZENDEHDEL *et al.*, 2011). A Figura 1 ilustra a estrutura molecular do azul de metileno.

Figura 1 - Estrutura molecular do azul de metileno



Fonte: Adaptado de Medeiros, 2013.

O AM é empregado na indústria de papel e fabricação de celulose para com o tingimento de tecidos, tratamento de couro, impressão, e ainda, materiais como poliésteres e nylons. Considerando a gama de utilidades desse composto, e por conseguinte a necessidade de descarte de excedentes, grande parte das soluções usadas pela indústria contendo o AM, são descartadas como efluentes (WANG, *et al.*, 2011).

Se comparado a outros corantes, o AM não é o mais tóxico, mas, a exposição e o contato com ele podem gerar diversos danos à saúde como o aumento da frequência cardíaca, vômitos, choque, cianose, icterícia, dentre outros. Nas águas correntes do ambiente, este corante também pode afetar a vida das plantas e animais aquáticos (PAULINO *et al.*, 2006.; UDDIN *et al.*,

2009). Por se tratar de uma substância tóxica, infelizmente polui o meio ambiente, gerando impactos prejudiciais aos seres vivos e ao habitat que os circunda. Desse modo, sua remoção é um grande problema que vem sendo bastante discutido, sendo protagonista de estudos científicos (WANG, *et al.*, 2011).

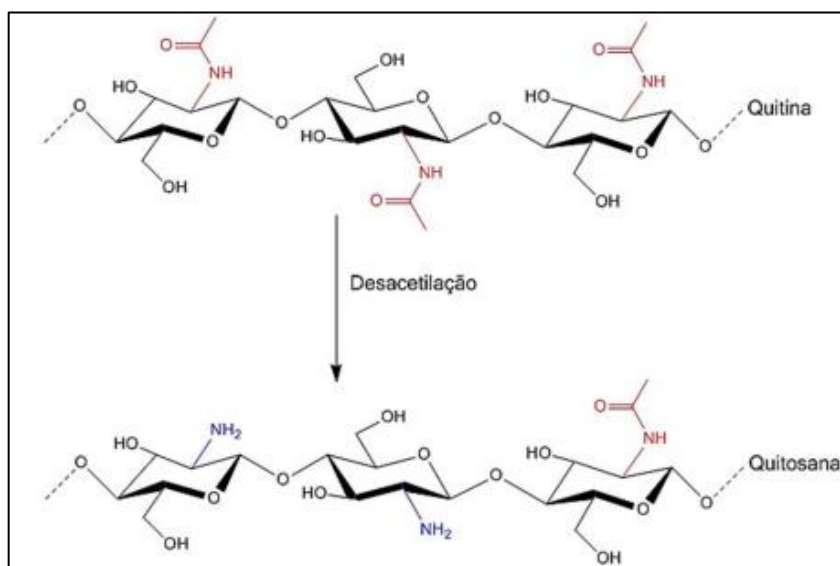
3.3 QUITOSANA

A quitosana é caracterizada como um polissacarídeo nitrogenado produzido por meio da desacetilação da quitina, em meio alcalino, sendo o principal componente contido no exoesqueleto dos artrópodes como camarão, lagostas dentre outros, além disso, acaba sendo considerada um dos materiais mais promissores em decorrência das suas propriedades físicas dentre elas a estrutura macromolecular, a não toxicidade, ser biocompatível, biodegradável, ademais possuir baixo custo, além de poder ser aplicada em campos como a biotecnologia, medicina, membranas, cosméticos, indústria alimentar e vários outros (FREIRE *et al.*, 2018).

A quitosana como um biopolímero, encontra aplicabilidade em diversas áreas, desde o fármaco até a remoção de corantes em efluentes. Durante o procedimento de formação da quitosana as ligações N-acetil da quitina acabam sendo rompidas, e produzem a D-glicosamina. Quando o grupamento atinge um percentual maior que 50%, afirma-se que a quitina se modificou em quitosana (FERNANDES, 2009). Além desse fato, mais uma propriedade considerável desse polímero é que a faixa da sua massa molar média permuta entre $10^4 - 10^6 \text{ g. mol}^{-1}$ (CANELLA e GARCIA, 2001).

Embora a quitina e a quitosana contenham certas semelhanças estruturais, as suas propriedades biológicas, físico-químicas e biomédicas são alteradas devido a diferença no grau de desacetilação, a Figura 2 ilustra o supracitado. Observa-se modificações quanto a solubilidade, a quitina e a quitosana são insolúveis em água, contudo a quitosana também possui alta solubilidade em ácidos fracos (TAVARES, 2011).

Figura 2 - Comparação das estruturas de quitina e quitosana com a diferença no grau de desacetilação.



Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2016.

A matriz polimérica da quitosana possui distribuídos um alto número de grupos amino, tal fato, pode ocasionar a introdução de várias modificações químicas em sua cadeia exemplos são a sulfonação, acilação, carboxilação, amidação, dentre várias outras (SUN e WANG, 2006). Diante da presença de grupos aminos, a quitosana também apresenta uma alta capacidade de adsorção (BARRA, 2005). Ela pode ser preparada em diferentes formas devido à sua possibilidade de modificação física na estrutura, assim, pode ser sintetizada em microesferas, flocos, fibras, pós, como também em nanopartículas (PRASHANTH E THARANATHAN, 2007).

Por fim, as modificações na estrutura da quitosana sejam elas tanto químicas quanto físicas, possuem objetivos como aumentar a porosidade, proporcionar estabilidade química do adsorvente em meio ácido, a resistência à biodegradação química e microbiológica, reduzir a solubilidade na maioria dos ácidos minerais e orgânicos e além disso elevar o caráter adsortivo (NGAH *et al.*, 2005).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA

O estudo da qualidade da quitosana, como também suas propriedades físico-químicas e biológicas, ou seja, suas principais características possuem grande valor e importância para a área científica. Assim, de acordo com Bezerra (2011) a massa molar média, viscosidade intrínseca e grau de desacetilação, modificam-se de acordo com os procedimentos empregados para a obtenção da quitosana (*apud* BRANCO, 2014).

3.4.1 Determinação da massa molar média

Utilizando o método de viscosimetria capilar pode-se adquirir o valor quanto a massa molar média, pois empregando este método, encontra-se a viscosidade intrínseca medindo-se o tempo de escoamento do solvente e da solução de quitosana dissolvida (WESKA *et al.*, 2007).

Contudo, para deliberar a viscosidade intrínseca e posteriormente a massa molar média é imprescindível a obtenção de outros dados, como:

- Viscosidade relativa:

$$\eta_r = \frac{t}{t_0} \quad (1)$$

Em que:

η_r = Viscosidade relativa;

t = Tempo de escoamento da solução de quitosana;

t_0 = Tempo de escoamento do solvente.

- Viscosidade específica:

$$\eta_{sp} = \eta_r - 1 \quad (2)$$

Sendo:

η_{sp} = Viscosidade específica.

- Viscosidade reduzida:

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (3)$$

Onde:

η_{red} = Viscosidade reduzida;

C = Concentração da solução de quitosana.

➤ Viscosidade inerente:

$$\eta_{iner} = \frac{\ln(\eta_r)}{C} \quad (4)$$

Sendo:

η_{iner} = Viscosidade inerente.

Em posse dos valores advindos das equações com as distintas viscosidades, é viável a obtenção da viscosidade intrínseca por meio da equação de Huggins (1942), expressa na Equação (5):

$$\eta_{red} = [\eta] + k \cdot [\eta]^2 \cdot C \quad (5)$$

Sendo:

η_{red} = Viscosidade reduzida;

$[\eta]$ = Viscosidade intrínseca = Coeficiente linear;

$[\eta]^2$ = Coeficiente angular;

C = Concentração da solução de quitosana;

k = Constante de Huggins.

Posteriormente a obtenção da viscosidade intrínseca, se faz viável encontrar o valor da massa molar média da amostra de quitosana utilizando a equação de Mark – Houwink, expressa na Equação (6):

$$[\eta] = k \cdot M_v^\alpha \quad (6)$$

Sendo:

$[\eta]$ = Viscosidade intrínseca = Coeficiente linear;

M_v = Massa molar média da quitosana;

k = Constante de Huggins;

α = Constante característica da geometria da molécula da quitosana.

3.4.2 Determinação do grau médio de desacetilação

Ao definir o grau médio de desacetilação, pode-se distinguir quitosana de quitina, pois é demonstrado a qual grupo amino é composto o polímero. Quando o grau de desacetilação ultrapassa a porcentagem de 50% diz-se que a quitina foi transformada em quitosana designando a alteração dos grupamentos N-acetil em D-glicosamina (FERNANDES, 2009).

Utilizando a técnica de titulação condutimétrica pode-se determinar o grau médio de desacetilação, nesta técnica ocorre a comutação de íons na laboração da titulação em uma deliberada faixa de condutividade. Pondo em prática a técnica, se faz necessário que a amostra de quitosana já purificada seja diluída em uma concentração de um deliberado ácido e posteriormente titulada com uma base padronizada (ANTONINO, 2007).

A formulação empregada para o cálculo do grau médio de desacetilação é expressa na Equação 7:

$$X_D = M_A \cdot \left(\frac{\Delta V \cdot C_{NaOH}}{\Delta V \cdot C_{NaOH} \cdot \Delta M + m_c} \right) \cdot 100\% \quad (7)$$

Sendo:

X_D = Grau médio de desacetilação da quitosana;

M_A = Massa molar da unidade acetilada;

ΔV = Volume de solução de hidróxido de sódio necessário para protonação dos grupos amino da quitosana;

C_{NaOH} = Concentração molar da solução de hidróxido de sódio;

ΔM = Diferença entre a massa molar da unidade acetilada e massa molar da unidade desacetilada;

m_c = Massa da amostra de quitosana.

3.4.3 Determinação do teor de sólidos

Um dos procedimentos para a caracterização da quitosana é o teor de sólidos, onde por sua vez, uma determinada quantidade de massa de quitosana purificada, é transladada para a estufa em uma temperatura de 105 ° C, até obter-se uma massa constante (CARONI, 2009). A Equação 8 expressa como é obtido o teor de sólidos:

$$w_S = \frac{m_{c,S}}{m_{c,U}} \cdot 100\% \quad (8)$$

Em que:

w_S = Teor de sólidos;

$m_{c,S}$ = Massa de quitosana seca;

$m_{c,U}$ = Massa de quitosana úmida.

3.5 PROCESSO DE ADSORÇÃO COM QUITOSANA NA REMOÇÃO DE CORANTES

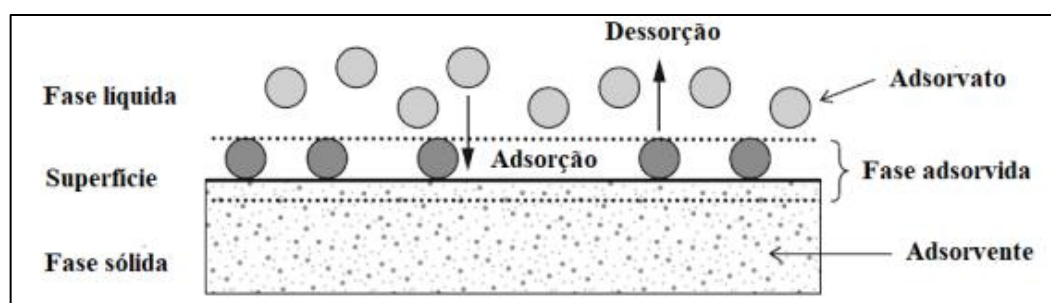
A adsorção é um processo bastante utilizado devido o consumo baixo de energia. Um dos materiais com elevada capacidade de adsorção é o carvão ativado, sendo muito empregado em tratamentos de efluentes, contudo, existem perdas com relação a recuperação do adsorvente. Assim, existe uma grande procura por materiais não tão convencionais que possuam melhor custo benefício e que possam substituir o carvão ativado. Atualmente, pesquisadores têm

utilizado materiais como casca de banana, bagaço de cana-de-açúcar, fibra de coco, quitosana e outros como substitutos do carvão ativado (RODRIGUES, 2016).

Resumidamente a adsorção refere-se a um processo em que ocorre o acúmulo de moléculas em uma camada interfacial, e o processo inverso denomina-se dessorção. O adsorvente consiste no material que tem a capacidade em adsorver uma espécie química, e adsorvato, o material que tem a capacidade de se adsorver em uma região interfacial de um adsorvente (A DaBROWSKI, 2001). Antes que se concretize a adsorção, o adsorvato é denominado de adsorbato, pois ainda está no processo de adsorver-se no adsorvente.

A adsorção ocorre naturalmente no limite entre duas fases, contudo, também pode ocorrer entre mais de duas, exemplos são, na interface de um sólido-sólido, líquido-sólido, líquido-líquido, líquido-vapor e vapor-sólido (LIMA, 2013). Pode-se afirmar ainda que existem dois tipos de adsorção, a primeira condiz a quimiossorção, em que as interações entre adsorbato-adsorvente, são por ligações covalentes, são as interações do soluto com os átomos da superfície do sólido. O segundo, condiz a fisissorção, adsorção física, as interações são fracas, através das forças de Van der Waals (SEN GUPTA e BHATTACHARYYA, 2011). A fisissorção pode ocasionar a dessorção, o processo reversível (LIMA, 2013). A Figura 3 ilustra o supracitado.

Figura 3 - Representação do fenômeno de adsorção e as designações utilizadas.



Fonte: Adaptado de Carijo, 2019.

Pesquisas e estudos de Kumar *et al.* (2012), detalham que os processos de adsorção utilizando quitosana ativada, ocorrem de maneira espontânea, devido a presença da quitosana em certos líquidos iônicos, o que pode ser explicado através do efeito cooperativo positivo entre a quitosana e o líquido iônico. Esse efeito ocorre, pois, existem as interações dos grupos hidroxila da quitosana com os cátions nos líquidos iônicos.

Dessa forma, a forma protonada da molécula de quitosana é uma explicação de como ocorre o processo de adsorção, contudo, o resultado de forças entre as moléculas, como as forças de Van der Waals, ou as ligações de hidrogênio podem explicar a adsorção (BORDINI, 2006).

Quanto a solubilidade da quitosana, não é solúvel em água, soluções alcalinas e solventes orgânicos, é solúvel apenas em soluções ácidas, onde os grupos amino encontra-se na forma protonada - NH^{3+} (CORAZZARI *et al.*, 2015). Aliado a isso, a explicação da alta afinidade da quitosana em remover corantes e metais pesados se dá por meio da presença de vários grupos funcionais disponíveis (VAKILI *et al.*, 2014). As interações moleculares com os corantes se dão por meio dos grupos OH em posições C-3 e C-6 e NH_2 na posição C-2, dentro da estrutura da quitosana (SHEN, 2011).

Diante da adsorção de corantes, no geral, existem alguns parâmetros que devem ser levados em consideração para uma melhor análise, como: tempo de contato entre o adsorbato e o adsorvente, a concentração inicial do corante no equilíbrio de adsorção e outros (RODRIGUES, 2016). Acrescenta também Nascimento *et al.*, (2020), que a área superficial e a temperatura do sistema podem influenciar na adsorção.

3.5.1 Eficiência de remoção

A eficiência de remoção pode ser calculada utilizando a equação (9) adaptada de (LIU, 2011). Esta por sua vez, retrata a porcentagem em que ao utilizar a quitosana como adsorvente pode-se remover o corante AM em termos de concentração.

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 \quad (9)$$

Em que:

$\%R$ = Eficiência de remoção em porcentagem;

C_i = Concentração inicial, somente a solução do azul de metileno;

C_f = Concentração final após a remoção com quitosana;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

A pesquisa foi realizada nos laboratórios de Química Aplicada à Engenharia, Química Geral e o de Metalografia e Águas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Campus Caraúbas. Os equipamentos e reagentes utilizados durante a pesquisa foram fornecidos pela universidade, e o excedente adquirido com recurso próprio.

Assim, no Quadro 1 têm-se todos os materiais usufruídos para a execução deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Quadro 1: Materiais usufruídos para a execução do atual trabalho.

Equipamentos	Fabricantes
Agitador Magnético	Quimis Modelo 0261M23
Agitador Mecânico	EduTec Modelo EEQ-9034
Aquário	
Balança Analítica	Shimadzu Modelo AUY220
Banho-Maria	Nova Instruments
Centrífuga	QUIMIS®
Condutivímetro	MS Tecnopon® Instrumentação Modelo mCA 150
Dessecador de Vidro	
Estufa	SOLAB Modelo SL-102
Filtro Permanente 103	FILTRONS
Termômetro	
pHmetro	pHmeter Modelo JK-PHM-005
UV-Visível	T80+ UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd
Viscosímetro Ubbelohde 1C	QUALIVIDROS

Fonte: Autoria própria (2022).

Quanto ao Quadro 2, apresenta todos os reagentes usufruídos durante a pesquisa. Em sua maioria são de grau PA (Puro para Análise), com exceção da quitosana.

Quadro 2: Reagentes utilizados na atual pesquisa.

Reagentes	Fabricantes
Acetato de Sódio (P.A., 99 %)	Impex
Ácido Acético (P.A., 99,7 %)	Impex
Ácido Clorídrico (P.A., 37 %)	Proquímicos
Álcool Etílico (P.A)	Dinâmica Química Contemporânea LTDA
Azul de Metileno Hidratado (P.A)	NEON
Biftalato de Potássio	Vetec
Fenofaleína 1 %	
Hidróxido de Sódio (P.A., 99 %)	Aphatec Química Fina
Quitosana Comercial	

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da quitosana

4.2.1.1 Purificação da quitosana

A primeira etapa experimental da caracterização, consistiu na purificação da quitosana, adaptada de Caroni (2009), com isso, inicialmente foi pesado na balança analítica 40 g de quitosana comercial. Posteriormente, esta foi adicionada em 2 L de uma solução de ácido acético (CH_3COOH) a 0,5 mol/L, e com amparo de um agitador mecânico ficou sob agitação durante 24 horas. A Figura 4 ilustra o momento em que foi posta a solução com a quitosana para a agitação.

Figura 4 - Solução de ácido acético com quitosana sob agitação.



Fonte: Autoria própria (2022).

Assim, após atingir o tempo determinado de agitação, foi adicionada a solução de quitosana com ácido acético, a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50 g.L^{-1} , ocorrendo a precipitação da quitosana já purificada como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Adição da solução de hidróxido de sódio e precipitação da quitosana purificada.



Fonte: Autoria própria (2022).

Logo em seguida, foi iniciada a etapa de filtração e lavagem da quitosana utilizando água destilada e o filtro permanente, com o intuito da remoção do excesso de (NaOH). Esta etapa foi repetida até que o líquido pós filtração tivesse um pH próximo a 7,0, ou seja, evidenciando a remoção do excesso de hidróxido de sódio. Após almejado o objetivo da filtração, para que fosse concluída efetivamente a próxima etapa, uma última lavagem foi realizada agora utilizando o álcool etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) para auxiliar no processo de secagem.

Em sequência, o produto das lavagens, quitosana, foi posto em uma travessa de vidro e levada para secar em estufa, na temperatura de 50 °C. A Figura 6 ilustra o supracitado para várias remessas que foram juntas para a etapa de secagem. Vale salientar que a porta da estufa ficou semiaberta, com o intuito de possibilitar a circulação de ar.

Figura 6 - Etapa de secagem da quitosana.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.1.2 Determinação do teor de sólidos

Realizou-se a determinação do teor de sólidos, para obter o real valor da massa de quitosana purificada. O método empregado para essa determinação foi uma adaptação do trabalho de Caroni (2009).

Pesou-se inicialmente em triplicata massas de quitosana aproximadas a 0,5 g em vidros relógios na balança analítica. Posteriormente, as massas pesadas foram transferidas para a estufa em uma temperatura de 105 °C, permanecendo por 60 minutos, e após a conclusão do período

estabelecido, as massas foram transferidas para um dessecador, onde permaneceram por aproximadamente 60 minutos.

Após a conclusão do tempo determinado, as massas foram levadas novamente para a balança analítica, os valores das massas antes do procedimento e depois do procedimento foram analisados e comparados. O procedimento foi repetido até que não existe mais variação entre as massas, ou seja, a massa permanecesse constante mesmo após todo o procedimento.

4.2.1.3 Determinação da massa molar média

Com relação a etapa de determinação da massa molar média, utilizou-se o método de viscosimetria capilar, adaptada de Signini e Campana Filho (1998). Com isso, para introduzir o método realizou-se a preparação de uma solução tampão contendo ácido acético (CH_3COOH) e acetato de sódio ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$), com o pH em torno de 4,5.

Logo em seguida, utilizando a balança analítica, pesou-se 0,2027 g de quitosana purificada. Assim, adicionou-se a massa pesada 100 mL da solução tampão, e logo em sequência o béquer com a solução e a massa de quitosana foi submetido a agitação em um agitador magnético, onde ficou sob agitação durante 15 horas, em prol da dissolução.

Em consequente, esperou-se o banho-maria atingir a marca de 80°C e assim o béquer com a solução pôde ser inserido, passando cerca de 2 minutos e posteriormente resfriado em temperatura ambiente. À solução já em temperatura ambiente foi adicionado mais 100 mL da solução tampão e novamente transferido para o banho-maria com configuração idêntica à anterior, permanecendo o béquer no banho-maria por 2 minutos e resfriado em temperatura ambiente.

Assim, em posse da solução tampão tida como solvente e a solução com quitosana, um sistema foi montado para determinar a viscosidade. Este sistema é constituído por uma cuba preenchida com água em temperatura ambiente (banho termostático), um termômetro, um agitador mecânico e um viscosímetro capilar. Vale salientar que o termômetro sempre foi utilizado para averiguar a temperatura da água contida na cuba, onde ela por sua vez sempre deveria estar em $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$, dessa forma, a temperatura foi alterada sempre que necessário utilizando água gelada para baixar a temperatura ou um mergulhão para elevar. A Figura 7, ilustra o sistema montado.

Figura 7 - Sistema montado para realização da viscosimetria capilar.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em sequência, foi inserido 10 mL da solução tampão, solvente, no viscosímetro capilar para ser analisada a primeira viscosidade. Vale salientar que após inserir a solução, aguardou-se cerca de 5 minutos para que a temperatura da solução tampão entrasse em equilíbrio térmico com a temperatura da água no aquário, e então foram realizadas as medidas de tempo de escoamento do tampão com um cronômetro, sempre de acordo com a demarcação contida no viscosímetro. Este procedimento sucedeu com o auxílio do pipetador ao sugar a solução até a marcação inicial do viscosímetro, e posteriormente acionar o cronômetro para obter o tempo de escoamento entre as duas marcações (inicial e final), este processo foi efetuado 6 vezes.

Em seguida, com o viscosímetro capilar (Ubbelohde 1C QUALIVIDROS) vazio, foi adicionado 10 mL da solução de quitosana com o intuito de realizar a determinação da viscosidade intrínseca. Seguindo o mesmo procedimento da solução tampão, a solução com quitosana também esperou cerca de 5 minutos para ocorrer o equilíbrio térmico, posteriormente, foram medidos 6 tempos de escoamento. Em consequente, a solução de quitosana no viscosímetro capilar (Ubbelohde 1C QUALIVIDROS), passou pelo processo de diluição adicionando 1 mL por vez da solução tampão de ácido acético (CH_3COOH)/acetato de sódio ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$), seguindo sempre o mesmo procedimento de a cada 1 mL, espera 5 minutos e mede 6 tempos de escoamento. Ao total foram adicionados 5 mL da solução tampão.

Médias e desvios padrões foram calculados após a posse dos valores de tempo medidos. Diante das médias e desvios padrões, utilizando as equações (1), (2), (3), (4), (5) e (6) de viscosidades apresentadas no referencial teórico deste trabalho, foi possível obter a massa molar média.

4.2.1.4 Determinação do grau de desacetilação

A próxima etapa da caracterização da quitosana consiste em determinar o grau de desacetilação, para esta etapa utilizou-se o método de titulação condutimétrica adaptado de Caroni (2009).

Inicialmente pesou-se 0,2019 g de quitosana purificada em uma balança analítica e posta sob agitação magnética por 18 h com 40 mL de uma solução de ácido clorídrico (HCl) com uma concentração de 0,05 mol/L, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Processo de dissolução da amostra de quitosana em solução de HCl.



Fonte: Autoria própria (2022).

Posteriormente, adicionou-se 100 ml de água destilada a amostra de quitosana, e em seguida, realizou-se a titulação com uma solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1541 mol/L, obtendo assim a condutividade, pH e temperatura. A Figura 9 ilustra o procedimento de obtenção dos parâmetros supracitados. Este procedimento foi realizado em duplicata.

Figura 9 - Procedimento montado para realização da titulação condutimétrica.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.2 Construção da curva de calibração do azul de metileno

Após a finalização das etapas de caracterização, construiu-se a curva de calibração do azul de metileno, fazendo uma adaptação do trabalho de Rodrigues (2016). Assim, inicialmente, pesou-se 0,0120 g do corante AM na balança analítica essa massa pesada foi um pouco dissolvida dentro de um béquer com cerca de 40 mL de água destilada, posteriormente o produto dissolvido foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL onde foi completado com água destilada e aferido o menisco. Deste modo preparou-se uma solução estoque do corante azul de metileno com uma concentração $C = 0,1 \text{ g/L}$, como demonstra a equação (10):

$$C = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{volume do solvente}} = \frac{0,0120 \text{ g}}{0,1 \text{ L}} = 0,1 \text{ g/L} \quad (10)$$

Em seguida, em posse da solução estoque do AM, foram feitas diluições com concentrações de 6, 8, 10, 12 e 14 mg/L, utilizando a equação (11), em que C_1 é a concentração da solução estoque, V_1 é o volume desta solução, C_2 é a concentração que se deseja fazer e assim V_2 é o volume que deverá ser utilizado:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad (11)$$

Obtidas as concentrações diluídas da solução estoque, foram levadas então para o UV-Visível, onde ajustou-se o comprimento de onda para 665 nm, a absorbância máxima para o azul de metileno descrita por Paulino, Araújo e Salgado (2015). Para a construção da curva de calibração, além das soluções com concentrações supracitas, também foi levada para leitura no UV-Visível, uma amostra limpa, denominada de branco, composta apenas por água destilada.

Assim, pôde-se obter os valores de absorbância para cada concentração do AM, como também do branco, vale salientar que este procedimento foi realizado em duplicata, possuindo então uma réplica. Para a plotagem do gráfico referente a curva de calibração, os valores de absorbâncias das concentrações foram subtraídos com o valor do branco. Posteriormente, em posse da curva, os valores de absorbâncias foram transformados em concentração.

4.2.3 Remoção do azul de metileno por quitosana

4.2.3.1 Estudo do tempo de equilíbrio

O estudo do tempo de equilíbrio, foi realizado com o intuito de descobrir um equilíbrio de tempo com a melhor remoção do corante AM da solução, utilizando a quitosana. Dessa forma, o procedimento utilizado foi uma adaptação do trabalho de Rodrigues (2016).

Em sequência, dois parâmetros foram escolhidos para permanecerem fixos durante o estudo do tempo de equilíbrio. O primeiro parâmetro foi uma massa de quitosana fixa em aproximadamente 0,1 g e o segundo diz respeito a solução com concentração de 14 mg/L, ou seja, a maior concentração.

Assim, em consequente 50 mL da amostra a ser estudada foi posta sob agitação magnética e a cada 30 minutos alíquotas de 8 mL da solução com quitosana eram removidas e colocadas em tubos, dessa forma, os tempos de remoção das alíquotas foram 30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos. A Figura 10, ilustra o béquer com a solução e a quitosana no agitador.

Figura 10 - Béquer com solução e quitosana no estudo de tempo de equilíbrio.

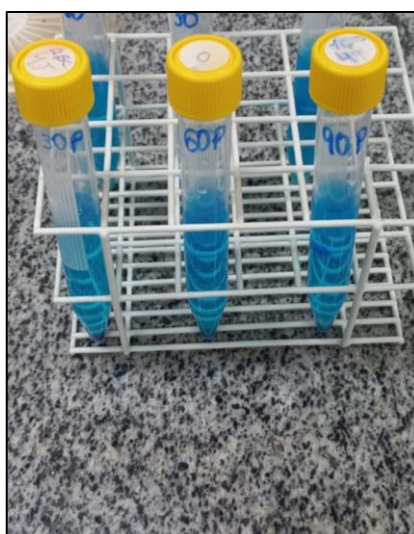


Fonte: Autoria própria (2022).

Vale salientar que uma amostra limpa, branco, foi preparada também, dessa forma, pesou-se em um béquer de 100 mL, 0,1003 g de quitosana purificada na balança analítica e ao béquer também adicionou-se 50 mL de água destilada, que posteriormente ficou sob agitação no agitador magnético apenas 10 minutos, em seguida, também foi retirada uma alíquota de 8 mL e adicionada ao tubo.

A Figura 11 ilustra as três primeiras alíquotas retiradas do béquer e colocadas em tubos, após a retirada de todas as alíquotas, inclusive a do branco, os tubos foram levados para centrifuga por 30 minutos com velocidade de 6000 rpm. Posteriormente foram levados para leitura no UV-Visível.

Figura 11 - Três primeiras alíquotas.



Fonte: Autoria própria (2022).

Assim, pôde-se obter os valores de absorbância para cada tempo de contato entre a quitosana e a solução de azul de metileno com concentração de 14 mg/L.

Utilizando a equação (12), sendo que C_i é a concentração inicial, ou seja, a concentração da solução somente com o corante, o C_f é a concentração final, ou seja, a concentração depois que foi utilizada a quitosana como adsorvente, nesse caso, para a análise do tempo, as concentrações finais são as concentrações em cada tempo, a subtração de uma pela outra obtêm-se o resultado da concentração de remoção C_r .

$$C_r = C_i - C_f \quad (12)$$

4.2.3.2 Estudo da variação da concentração do azul de metileno

O estudo da variação da concentração da solução do azul de metileno, manteve dois parâmetros fixos, o melhor tempo de contato entre quitosana e solução, e a massa de quitosana que permaneceu fixa em 0,1 g. As concentrações do azul de metileno utilizadas foram: 6, 8, 10, 12 e 14 mg/L.

Logo em seguida, aos béqueres com massas pesadas de quitosana, foram adicionadas as respectivas soluções diluídas. A Figura 12, ilustra os béqueres com as respectivas soluções e massas de quitosana.

Figura 12 - Béqueres com diferentes concentrações de AM e massa fixa de quitosana.

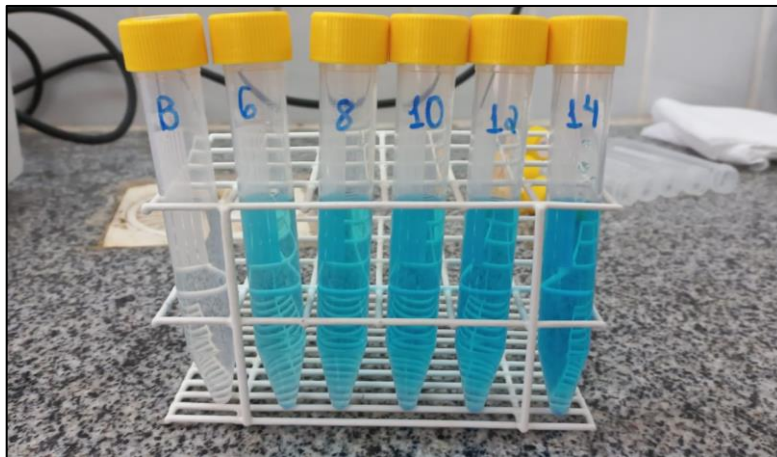


Fonte: Autoria própria (2022).

Em conseqüente, os béqueres foram transferidos para agitadores magnéticos onde permaneceram sob agitação durante o tempo determinado. Posteriormente, alíquotas de 8 ml foram retiradas de cada béquer e colocadas em tubos, que logo em seguida foram para a

centrífuga por 30 minutos a uma velocidade de 6000 rpm. A Figura 13, ilustra as amostras após a centrifugação.

Figura 13 - Amostras após centrifugação.



Fonte: Autoria própria (2022).

Posteriormente as amostras foram levadas para leitura no UV-Visível, onde foi possível obter as respectivas absorbâncias e realizar os cálculos necessários.

4.2.3.3 Estudo da variação da massa de quitosana

O estudo relacionado a variação da massa de quitosana, manteve dois parâmetros fixos, o primeiro diz respeito a maior concentração estudada, e o segundo diz respeito ao tempo de remoção ótimo estudado.

Assim, as variações de massas escolhidas para a análise foram de 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, e 0,8 g. Dessa forma, pesou-se as seguintes massas de quitosana purificada em béqueres de 50 ml, 0,0500, 0,1003, 0,2004, 0,4007 e 0,8011 g na balança analítica. Em cada béquer foi adicionada 50 mL da solução diluída. A Figura 14 ilustra soluções de AM de mesma concentração na presença de diferentes massas de quitosana, e o béquer com água destilada que será utilizado como branco.

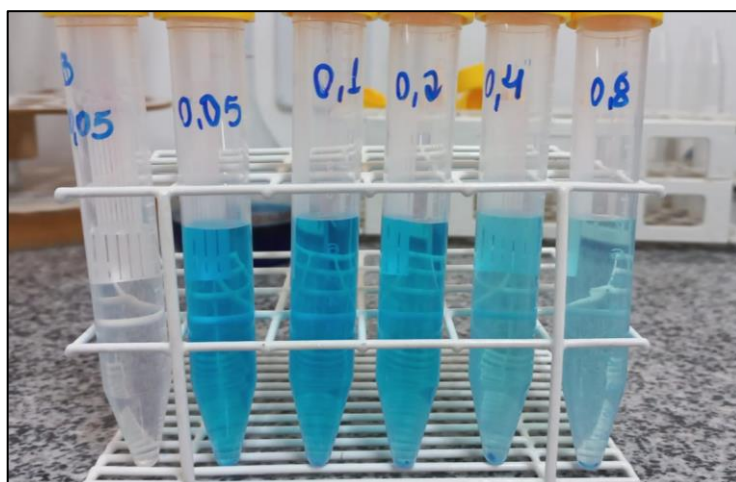
Figura 14 - Béqueres com diferentes massas de quitosana.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em sequência, os béqueres foram levados para agitação magnética pelo tempo determinado. Posteriormente, alíquotas de 8 ml foram retiradas de cada béquer e colocadas em tubos, que logo em seguida foram para a centrífuga por 30 minutos com velocidade de 6000 rpm. A Figura 15 ilustra as amostras depois de centrifugadas.

Figura 15 - Amostras de massas diferentes após 30 minutos de centrifuga.



Fonte: Autoria própria (2022).

À vista disso, as amostras foram levadas para leitura no UV-Visível, onde foi possível obter as respectivas absorbâncias e efetuar os cálculos necessários.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA

5.1.1 Determinação do teor de sólidos

Diante do supracitado, em posse dos valores da massa de quitosana seca ($m_{c,s}$) e da massa de quitosana úmida ($m_{c,u}$), pôde-se obter o resultado com relação ao teor de sólidos da quitosana purificada, ao utilizar a Equação (8). A Tabela 1, apresenta os dados obtidos com mais clareza.

Tabela 1 - Resultados da análise de teor de sólidos da quitosana.

$m_{c,u}$ (g)	$m_{c,s}$ (g)	w_s (%)
0,5030±0,0019	0,2858±0,0008	64,2175±14,3037

Fonte: Autoria própria (2022).

Diante da porcentagem obtida como resultado do teor de sólidos, este mostra-se incondizente com a literatura estudada, tendo em vista que os valores obtidos por Caroni (2009), Silva (2017) e Oliveira *et al.* (2021) foram 89%, 86,83% e 96%, respectivamente, ou seja, valores superiores ao atingido no presente trabalho.

Dessa forma, o fator influenciador para a obtenção de uma porcentagem inferior do que apresenta a literatura, é que a quitosana pode ter absorvido umidade dentro do recipiente em que ficou contida, ou não foi concretizada a etapa de secagem, o que apresentou significativa influência para o resultado final.

5.1.2 Determinação da massa molar média

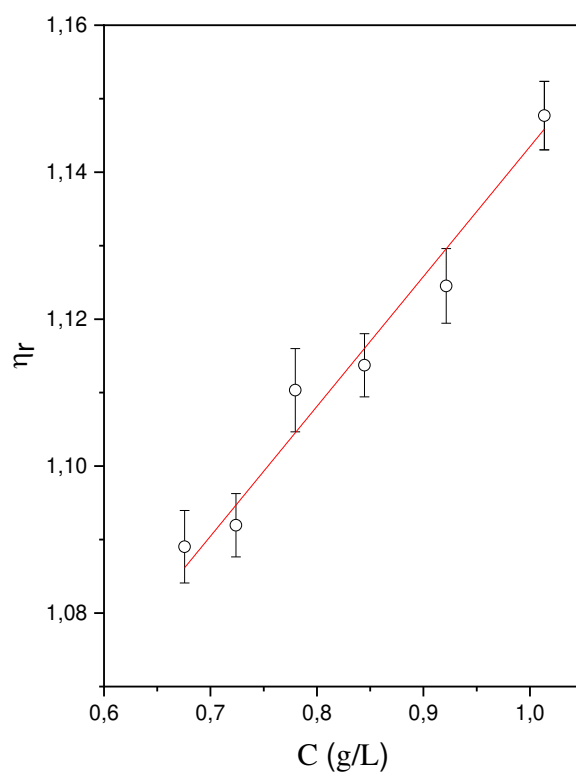
Com os valores obtidos de tempo de escoamento das amostras e do solvente, como também das concentrações dos dois, calculou-se então as viscosidades, relativa (η_r), específica (η_{sp}), reduzida (η_{red}) e inerente (η_{iner}), utilizando as Equações (1), (2), (3) e (4), respectivamente. Os valores obtidos das viscosidades supracitadas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores obtidos das viscosidades da solução de quitosana

Concentração (g/L)	η_r	η_{sp}	η_{red} (L/g)	η_{iner} (L/g)
1,0135	1,1477	0,1477	0,1457	0,1359
0,9214	1,1245	0,1245	0,1351	0,1274
0,8446	1,1137	0,1137	0,1347	0,1275
0,7796	1,1103	0,1103	0,1415	0,1343
0,7239	1,0920	0,0920	0,1270	0,1215
0,6757	1,0890	0,0890	0,1318	0,1262

Fonte: Autoria própria (2022).

Foi possibilitada a percepção de que quanto maior for a concentração de quitosana, maior consequentemente será a viscosidade relativa. A Figura 16, exemplifica tal percepção ao ilustrar graficamente a relação da viscosidade relativa em função da concentração de quitosana.

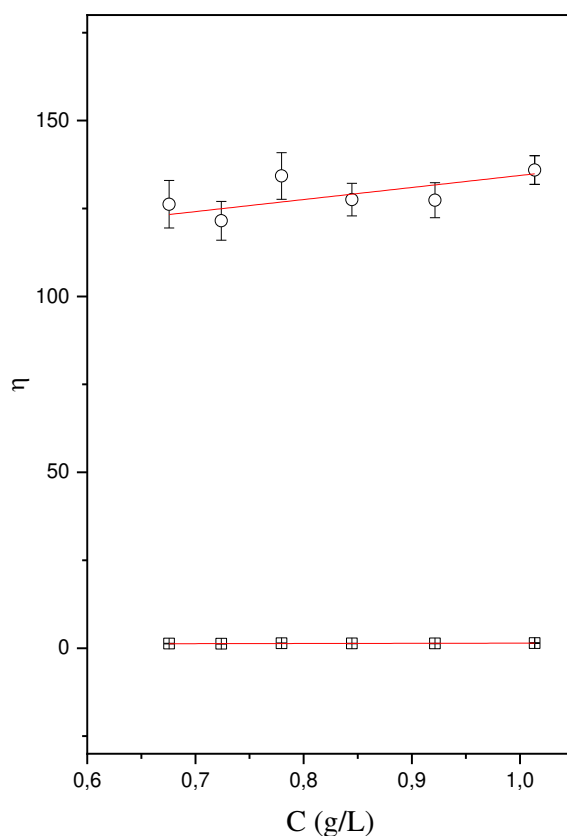
Figura 16 - Relação viscosidade relativa em função da concentração de quitosana.

Fonte: Autoria própria (2022).

Como aborda Brown (2005), existe um crescimento da viscosidade relativa em detrimento das interações existentes das macromoléculas poliméricas, pois, visto que quanto maior for a massa molar do composto juntamente com suas forças intermoleculares, consequentemente maior será sua viscosidade obtida.

Assim, em posse dos dados da viscosidade relativa, pôde-se calcular a viscosidade inerente (η_{iner}) e reduzida (η_{red}), e com base na relação das viscosidades em função da concentração de quitosana é possível determinar a viscosidade intrínseca, a Figura 17, exemplifica essa relação.

Figura 17 - Relação das viscosidades reduzida (quadros) e inerente(círculos) em função da concentração de quitosana.



Fonte: Autoria própria (2022).

Fazendo a utilização do software OriginPro 18, foi possível realizar a extrapolação das retas da viscosidade reduzida (η_{red}) e da viscosidade inerente (η_{iner}), assim, tendo em vista a Equação (5) de Huggins (1942), pôde-se determinar a viscosidade intrínseca (η).

Onde $[\eta]$ é o coeficiente linear, $[\eta]^2$ o coeficiente angular e k é a constante de Huggins. Assim sendo, o resultado obtido para a viscosidade intrínseca (coeficiente linear) foi $[\eta] = 100,14405 \pm 13,99584 \text{ mL/g}$.

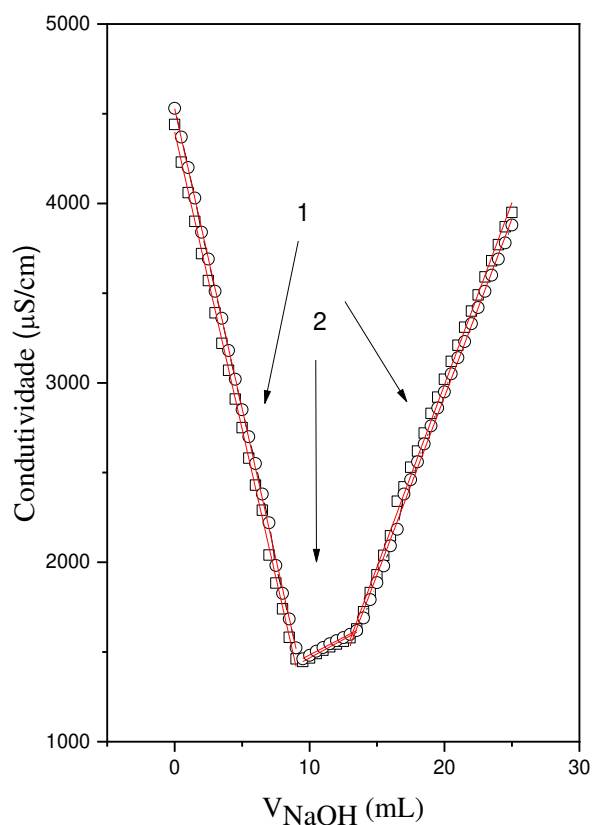
E ainda, com o valor da viscosidade intrínseca e utilizando a Equação (6) de Mark-Houwink, pôde-se determinar a massa molar média. Em que a constante k para a quitosana é $k = 0,076$, essa constante é característica do polímero, e varia de acordo com o solvente e temperatura, já a constante α , é característica da geometria molecular do polímero, e o valor para a quitosana é $\alpha = 0,76$. Tendo em vista o supracitado, o valor obtido da massa molar média foi de $M_v = 1,27 \times 10^4$ g/mol.

De acordo com Canella e Garcia (2001), o material deve possuir a massa molar média com uma variação entre 10^4 e 10^6 g/mol para que seja considerado um polímero. Diante disso, o resultado obtido se apresenta de acordo com as especificidades da literatura.

5.1.3 Determinação do grau de desacetilação

Diante do supracitado no tópico de métodos, com relação a determinação do grau de desacetilação utilizando o método de titulação condutimétrica, pôde-se analisar graficamente a relação da condutividade em função do volume de hidróxido de sódio que foi utilizado, como exemplifica a Figura 18.

Figura 18 - Curva da titulação condutimétrica.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como exemplifica Fernandes (2004), no gráfico três regiões distintas são destacadas. A primeira condiz ao consumo de ácido clorídrico utilizado na neutralização do hidróxido de sódio, nesta região é possível a percepção que a cada gota adicionada da solução de NaOH no sistema durante a titulação, a condutividade diminui. Considerando que os íons de Na^+ são maiores que os de H^+ , a locomobilidade e consequentemente a condutividade tende a cair, já que está relacionada com a mobilidade iônica em soluções.

No que diz respeito a segunda região distinta do gráfico, esta por sua vez exibe a quantidade necessária de NaOH para que seja realizada a neutralização dos grupos amino ($-\text{NH}_2^+$). Comparando os íons Na^+ e os íons do grupo amino, os íons Na^+ são menores, consequentemente a velocidade de locomoção iônica volta a crescer, assim como a condutividade aumentará.

Por fim, a terceira região exibe o excesso dos íons Na^+ e OH^- , consequentemente ocasiona um aumento significativo na mobilidade iônica, e devido esse fato, ocorre também o aumento na condutividade, a cada nova gota, volume, que é adicionada.

Tendo em vista a extrapolação das retas na Figura 18, utilizando o programa OriginPro 18, foi possível determinar o grau de desacetilação (X_D). Mobilizando a Equação (7), para esta determinação, obteve um valor de $X_D = 57,0605\%$, como exibe a Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da titulação condutimétrica da amostra de quitosana purificada.

m_c (g)	$V_{\text{NaOH}, i}$ (mL)	$V_{\text{NaOH}, f}$ (mL)	X_D (%)
0,2023	9,0908	13,2732	57,0605

Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 3, exibe os valores da massa de quitosana (m_c), o volume inicial de NaOH ($V_{\text{NaOH}, i}$), o volume final de NaOH ($V_{\text{NaOH}, f}$), e por fim o valor em porcentagem do grau de desacetilação (X_D).

Segundo Fernandes (2004), se o grau de desacetilação ultrapassa o valor de 50 %, pode-se considerar que o material é quitosana, e que o restante da porcentagem da composição do polímero diz respeito a quitina, assim, foi concretizada a conversão dos grupamentos N-acetil em D-glicosamina. Já Gonçalves (2011), considera-se quitosana com uma porcentagem igual ou superior a 60 %, tendo em vista que se alcançada essa determinada porcentagem o polímero demonstra solubilidade em soluções ácidas diluídas.

Assim, apresenta Zhang *et al.* (2011), que o grau de desacetilação, torna-se uma das propriedades mais importantes da quitosana, tendo em vista que de acordo com o valor encontrado, nas realizações de trocas iônicas podem ser apresentadas modificações, assim como, na reação de grupos amino, alteração na viscosidade e no seu potencial de floculação.

5.1.4 Curva de calibração do azul de metileno

A Figura 19, exibe os dados das absorbâncias (Abs) medidas em função da concentração. Após a regressão linear, obteve-se os dados de coeficiente linear, a , e angular, b , da equação da reta, onde $a = 0,03303$ e $b = 0,14236$. Através desses valores e utilizando a Equação (13), pôde-se calcular as concentrações reais do AM para cada ponto da Tabela 4.

$$C = \frac{abs-a}{b} \quad (13)$$

Tendo em vista que, abs é a absorbância da leitura no UV-Visível, assim como a e b são os valores de coeficiente angular e linear respectivamente, dessa forma é obtida a transformação em concentração. A Tabela 4, exibe os valores de absorbâncias e das concentrações obtidas. Vale salientar que os valores das absorbâncias das concentrações das soluções exemplificados, foram subtraídos o valor do branco.

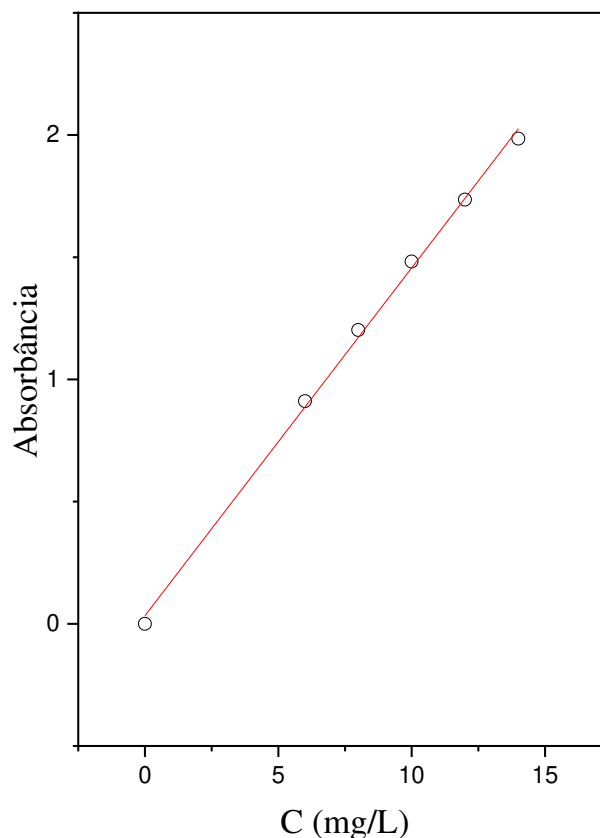
Tabela 4 - Valores das absorbâncias das concentrações do AM e as concentrações obtidas.

Concentração da solução do AM (mg/L)	Abs	Concentração obtida (mg/L)
Branco	0,027	0
6	0,911	6,1672
8	1,202	8,2114
10	1,482	10,1782
12	1,736	11,9624
14	1,985	13,7115

Fonte: Autoria própria (2022).

Diante dos valores apresentados na Tabela 4, pôde-se utilizar o programa OriginPro 18, para a confecção do gráfico que apresenta a relação entre os valores de absorbância em função da concentração.

Figura 19 - Valores de absorbâncias em função da concentração.



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao observar a Figura 19, conclui-se que a medida em que aumenta a concentração da solução do AM, conseqüentemente aumenta os seus respectivos valores de absorbâncias.

5.1.5 Remoção do azul de metileno por quitosana

5.1.5.1 Estudo do tempo de equilíbrio

A Tabela 5 e a Figura 20 exibem os dados de concentração de remoção em função do tempo de agitação para uma massa fixa de quitosana de 0,1 g e a solução do AM com concentração de 14 mg/L. O tempo que proporcionou melhor concentração de remoção foi o de 60 min, vale salientar que a concentração de remoção foi calculada utilizando a Equação (12). Divergindo do trabalho de Rodrigues (2016), o tempo de equilíbrio, ou saturação de quitosana ocorreu quando foi atingido 90 min.

Tabela 5 - Valores de tempo de contato, absorbância e concentração de remoção.

Tempo de contato entre quitosana e a solução do AM (min)	Abs	Concentração obtida (mg/L)	Concentração de remoção (mg/L)
Branco	0,036	0	0
30	1,577	10,8455	2,866
60	1,566	10,7683	2,9432
90	1,570	10,7964	2,9151
120	1,624	11,1757	2,5358
150	1,645	11,3232	2,3883
180	1,680	11,569	2,1425

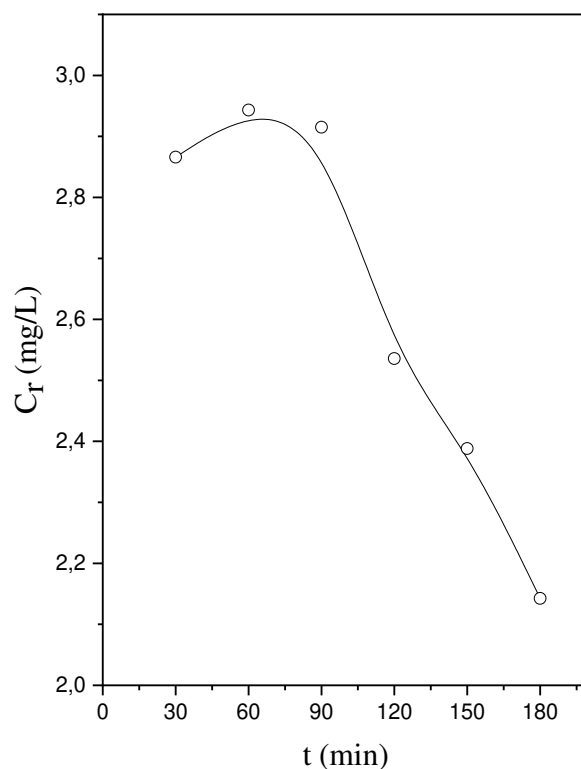
Fonte: Autoria própria (2022).

Esse rápido tempo de adsorção pode ser em decorrência da superfície rugosa da quitosana, proporcionando uma rápida velocidade de adsorção (RODRIGUES, 2016).

Após o tempo de 60 min a concentração de remoção diminui, indicando uma dessorção, ou seja, com o passar do tempo ao invés de mais azul de metileno ser adsorvido na superfície da quitosana, na verdade ocorre uma dessorção devido a saturação.

Em posse dos valores exibidos na Tabela 5, pôde-se utilizar o programa OriginPro 18, para a confecção do gráfico, ilustrado na Figura 20, que apresenta a relação entre os valores de concentração de remoção e o tempo de contato.

Figura 20 - Relação entre concentração de remoção e o tempo de contato.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como pode-se observar na Figura 20, a partir do tempo de 60 min, a concentração de remoção começa a cair, ou seja, quanto maior o tempo de contato, menor é a remoção do AM da solução aquosa.

Diante disso, utilizando a Equação (9), pôde-se obter a eficiência de remoção em porcentagem de acordo com o tempo, os valores podem ser observados na Tabela 6, na qual exhibe as respectivas porcentagens de remoção, eficiência, em cada tempo de contato. Assim, é enfatizado que o tempo de 60 min obteve a maior eficiência de remoção.

Tabela 6 - Valores de tempo de contato e eficiência de remoção.

Tempo de contato entre quitosana e a solução do AM (min)	Eficiência de remoção (%)
30	20,90
60	21,46
90	21,26
120	18,49
150	17,42
180	15,62

Fonte: Autoria própria (2022).

Como supracitado, vê-se que partindo do tempo de 60 min a eficiência de remoção começa a decair, mas a diferença só começa a ser mais expressiva partindo do tempo de 120 min. No trabalho de Rodrigues (2016), a eficiência de remoção foi de 97,73% no tempo de 90 min.

Segundo o trabalho de Niedersberg, (2012), obteve-se uma remoção de 84,6 %, utilizando o carvão da casca de tung, só que num tempo de 1440 minutos. Dessa forma, a vantagem do uso da quitosana é que ela é um biopolímero, é de fácil obtenção e o segundo polissacarídeo mais abundante, tornando o processo com baixo custo em relação aos adsorventes com maior percentual de adsorção.

5.1.5.2 Estudo da variação da concentração do azul de metileno

Os resultados obtidos para o estudo da variação da concentração podem ser vistos na Tabela 7 e na Figura 21.

Tendo em vista que cada concentração da solução do AM obteve uma concentração de remoção devido as respectivas concentrações iniciais abordadas no tópico da curva de calibração, a concentração de 14 mg/L foi escolhida como a concentração que apresentou de forma mais expressiva a sua concentração de remoção, e assim, ao utilizá-la na etapa seguinte, consequentemente resultará em resultados mais expressivos e de melhor visualização.

Na Tabela 7, está em exibição, a concentração de remoção para cada concentração, num tempo de equilíbrio de 60 minutos.

Tabela 7 - Valores do estudo da variação de concentração do corante.

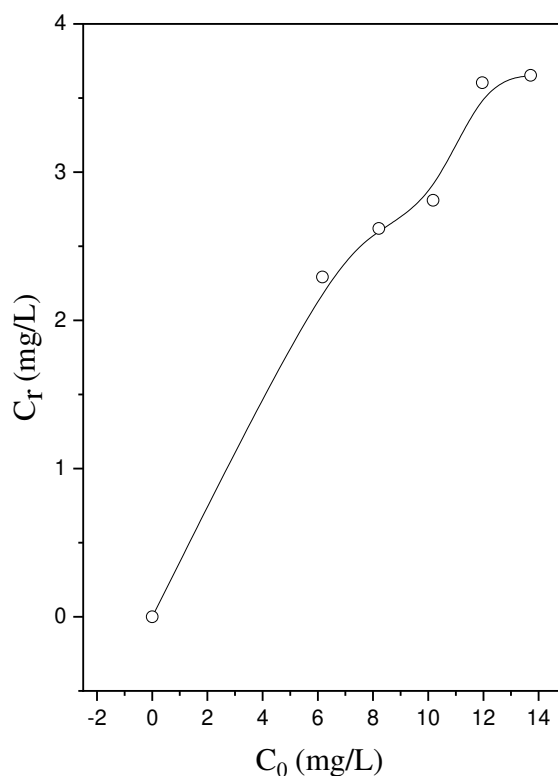
Concentração da solução do corante AM (mg/L)	Abs	Concentração obtida (mg/L)	Concentração de remoção (mg/L)
Branco	0,029	0	0
6	0,579	3,8351	2,3321
8	0,829	5,5912	2,6202
10	1,082	7,3689	2,8093
12	1,223	8,3589	3,6035
14	1,465	10,0588	3,6527

Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se observar ao analisar a Tabela 7 que os valores de absorbância crescem a medida em que cresce também as concentrações da solução do AM, assim como os valores de concentração obtida e concentração de remoção.

Assim, tendo em vista o supracitado, de acordo com a Figura 21, vê-se que em comparação com as outras concentrações a de 14 mg/L consegue entregar de forma mais expressiva a concentração de remoção.

Figura 21 - Concentração de remoção em função da variação da concentração.



Fonte: Autoria própria (2022).

5.1.5.3 Estudo da variação da massa de quitosana

Para a análise do estudo realizado com relação a variação da massa de quitosana, em detrimento da avaliação da eficiência de remoção, a Tabela 8, e a Figura 22, exibem os resultados obtidos durante o estudo supracitado. Vale salientar que o tempo e a concentração da solução do azul de metileno estão fixos em 60 min e 14 mg/L respectivamente. Dessa forma, a Tabela 8, apresenta os valores de variação de massa de quitosana comercial que foram utilizados, assim como suas respectivas absorbâncias, a concentração final e a concentração de remoção.

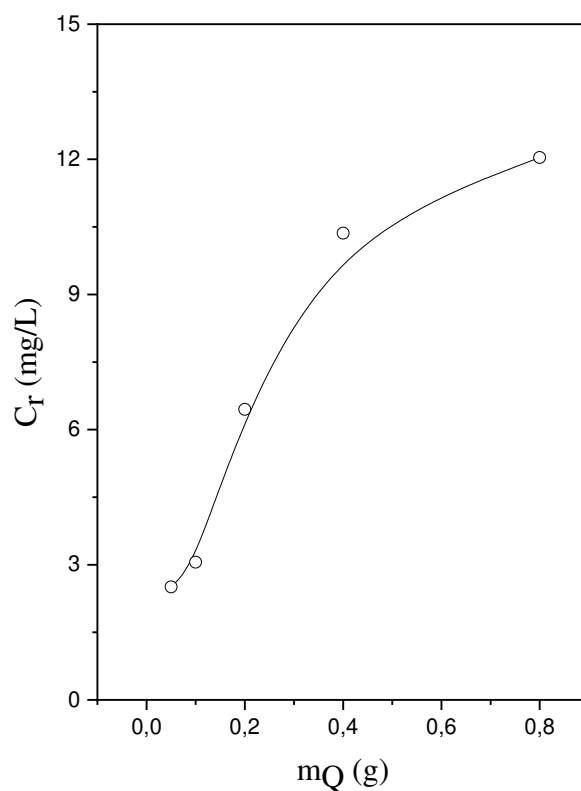
Assim, diante do exibido, vê-se que à medida em que aumenta a massa de quitosana também aumenta a concentração de remoção. De acordo com o trabalho de Rodrigues, (2016), a adsorção para massas acima de 0,1 g também foi maior, ou seja, quanto maior a massa de quitosana, maior será a remoção do corante, ou seja, a adsorção.

Tabela 8 – Estudo da variação da massa de quitosana.

Massa de quitosana purificada (g)	Abs	Concentração obtida (mg/L)	Concentração de remoção (mg/L)
Branco	0,031	0	0
0,0500	1,628	11,2038	2,5077
0,1003	1,55	10,6559	3,0556
0,2004	1,067	7,2631	6,4484
0,4007	0,51	3,3504	10,3611
0,8011	0,271	1,6716	12,0399

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 22, ilustra perfeitamente o supracitado, ou seja, à medida em que aumenta a massa de quitosana utilizada, consequentemente aumenta a concentração de remoção.

Figura 22 - Concentração de remoção em função da variação da massa de quitosana.

Fonte: Autoria própria (2022).

Diante disso, utilizando a Equação (9), pôde-se obter a eficiência de remoção em porcentagem de acordo com a variação da massa de quitosana, os valores podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 – Estudo da variação de massa de quitosana e eficiência de remoção.

Massa de quitosana purificada (g)	Eficiência de remoção (%)
0,0500	18,29
0,1003	22,28
0,2004	47,03
0,4007	75,56
0,8011	87,81

Fonte: Autoria própria (2022).

A Tabela 9, exibe as respectivas porcentagens de remoção, eficiência, com relação a cada massa de quitosana. Assim, é enfatizado que a massa de 0,8 g obteve a maior eficiência de remoção, tendo em vista que apresentou a maior porcentagem se destacando das outras massas, e têm-se mais sítios vazios do polímero para adsorver o corante.

6. CONCLUSÕES

Diante do supracitado no decorrer deste trabalho, ao qual foi possível a realização de pontos importantes com relação a adsorção utilizando quitosana comercial, os dados obtidos durante a pesquisa com relação a etapa de caracterização da quitosana comercial, mais especificamente o teor de sólidos, massa molar média, e grau de desacetilação, não foram suficientemente satisfatórios em comparação a literatura estudada, apesar de ainda se enquadrarem nos limites mínimos estabelecidos. Vale salientar que o principal fator que influencia tais resultados de baixo rendimento é a qualidade da quitosana comercial adquirida e utilizada para a confecção deste trabalho.

Com relação aos estudos referentes a variação do tempo, obteve um o equilíbrio em 60 min e uma eficiência de remoção de 21,46 %, a variação da concentração da solução do corante AM, obteve como mais expressiva e de melhor visualização na questão de concentração de remoção a de 14 mg/L, e a variação da massa de quitosana utilizada como adsorvente, obteve a massa de 0,8 g a com maior eficiência de remoção, 87,81 %.

Assim, os dados alcançados tiveram valores condizentes as literaturas estudadas em trabalhos de terceiros, apesar de que os valores obtidos de remoção sejam menores do que outros materiais utilizados como adsorventes, a quitosana ainda torna-se uma boa opção como material devido ser um biopolímero com fácil obtenção, natural, biodegradável, e o segundo polissacarídeo mais abundante, o que torna o processo de adsorção com baixo custo em relação aos adsorventes convencionais.

Portanto, perante o trabalho realizado e com base nele, pode-se futuramente realizar o estudo com quitosana como adsorvente com tantos outros corantes que estão sendo utilizados na indústria têxtil que assim como o AM são prejudiciais. Além de ocasionarem um aumento na porcentagem de risco de escassez hídrica, justamente em detrimento do não reaproveitamento da água contaminada pelos supracitados. Dessa forma, o uso da quitosana como adsorvente tem capacidade para contribuir com a remoção dos corantes e assim proporcionar o reaproveitamento da água de efluentes têxteis.

REFERÊNCIAS

ABREU, Flávia O.M. da S.; CASTRO, Aldiana M.; SILVA, Pollyana V.; CAVALCANTE, Leonardo G.; NASCIMENTO, Adriana P. do; MATOS, José Everardo X. de. Propriedades e Características da Quitosana Obtida a Partir do Exoesqueleto de Caranguejo-Uçá Utilizando Radiação de Micro-Ondas. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 630-635, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/polimeros.2013.042>.

A DąBROWSKI,. Adsorption — from theory to practice. **Advances In Colloid And Interface Science**, [S.L.], v. 93, n. 1-3, p. 135-224, out. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0001-8686\(00\)00082-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0001-8686(00)00082-8).

AKSU, Zümriye; TEZER, Sevilay. Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chlorella vulgaris*. **Process Biochemistry**, [S.L.], v. 40, n. 3-4, p. 1347-1361, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.007>.

ALLEN, S. J.; KOUMANOVA, B. Decolourisation of water/wasterwater using adsorption (review). **Journal of the Universty of Chemical Tecnology and Metallurgy**. v. 40, n. 3, p. 175-192. 2005.

ALMEIDA, É.; DILARRI, G.; CORSO, C. **A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes**. UNESP. Rio Claro. 2016.

ANTONINO, Nilton de Andrade. **Otimização do processo de obtenção de quitina e quitosana de exoesqueletos de camarões oriundos da indústria pesqueira paraibana**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

BAE, Jin-Seok; FREEMAN, Harold S.. Aquatic toxicity evaluation of new direct dyes to the *Daphnia magna*. **Dyes And Pigments**, [S.L.], v. 73, n. 1, p. 81-85, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.10.015>.

BARRA, Cristiane da Silva. **Extração sequencial de fósforo e metais pesados em latossolo vermelho amarelo a partir da aplicação de lodo de esgoto**. 2005. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BELLO, L., Água: a Mais Importante Commodity do Século XXI. **Banas Ambiental**, 2000. 8: p. 34-42.

BORDINI, Cristine Valença. **Caracterização, estabilidade e propriedades magnéticas do polímero quitosana ferro**. 2006. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006.

BRANCO, F. A. A. C. **Síntese, caracterização e revestimento da quitosana com Ni metálico**. 2014. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Bacharel em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

BURKINSHAW, Stephen M.; SALIHU, George. The role of auxiliaries in the immersion dyeing of textile fibres: part 4 theoretical model to describe the role of liquor ratio in dyeing cellulosic fibres with direct dyes in the absence and presence of inorganic electrolyte. **Dyes And Pigments**, [S.L.], v. 161, p. 565-580, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2017.08.052>.

CAMPANA-FILHO, Sergio P.; BRITTO, Douglas de; CURTI, Elisabete; ABREU, Fernanda R.; CARDOSO, Marcia B.; BATTISTI, Marcos V.; SIM, Priscilla C.; GOY, Rejane C.; SIGNINI, Roberta; LAVALL, Rodrigo L.. EXTRAÇÃO, ESTRUTURAS E PROPRIEDADES DE α - E β -QUITINA. **Química Nova**, São Carlos - SP, v. 30, n. 3, p. 644-650, jan. 2007.

CANELLA, Kathya Maria Nilza de Carvalho; GARCIA, Rosangela Balaban. CARACTERIZAÇÃO DE QUITOSANA POR CROMATOGRÁFIA DE PERMEACÃO EM GEL – INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PREPARAÇÃO E DO SOLVENTE. **Química Nova**, Natal, v. 24, n. 1, p. 13-17, 2001.

CARIJO, Paola Mortari. **Funcionalização da palha de milho com 3-Aminopropiltriethoxisilano para adsorção do corante vermelho reativo 141**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

CARNEIRO, Patrícia Alves; ZANONI, Maria Valnice Boldrin. Corantes Têxteis. In: ZANONI, Maria V. Boldrin; YAMANAKA, Hideko (org.). Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. Cap. 1. p. 13-36.

CARONI, Ana Luiza Porpino Fernandes. **Estudos de adsorção de tetraciclina em partículas de quitosana**. 2009. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2009.

CAVALCANTI, André Marques; SANTOS, Gilson Ferreira dos. A indústria têxtil no BRASIL: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. **Exacta**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 706-726, 30 jun. 2022. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.2021.17784>.

CORAZZARI, Ingrid; NISTICÒ, Roberto; TURCI, Francesco; FAGA, Maria Giulia; FRANZOSO, Flavia; TABASSO, Silvia; MAGNACCA, Giuliana. Advanced physico-chemical characterization of chitosan by means of TGA coupled on-line with FTIR and GCMS: thermal degradation and water adsorption capacity. **Polymer Degradation And Stability**, [S.L.], v. 112, p. 1-9, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.12.006>.

MAHMOUD, Dalia Khalid; SALLEH, Mohamad Amran Mohd; KARIM, Wan Azlina Wan Abdul; IDRIS, Azni; ABIDIN, Zurina Zainal. Batch adsorption of basic dye using acid treated kenaf fibre char: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. **Chemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 181-182, p. 449-457, fev. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.11.116>.

ETSHINDO, Lourdes A. *et al.* Potencialidades e uso da quitosana no tratamento de rejeitos têxteis. **Brazilian applied Science Review**, Curitiba, v. 2, n. 6, p. 2010-2020, nov. 2018.

FERNANDES, A. L. P. **Obtenção e caracterização de nanopartículas de quitosana para fins farmacêuticos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

FERNANDES, Ligia Lopes. **Produção e caracterização de membranas de quitosana e quitosana com sulfato de condroitina para aplicações biomédicas**. 2009. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

FERRARI, Rubens. **Reuso do efluente do processo de mercerização no tingimento de malha de algodão**. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2007.

FORGACS, Esther; CSERHÁTI, Tibor; OROS, Gyula. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. **Environment International**, [S.L.], v. 30, n. 7, p. 953-971, set. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2004.02.001>.

FREIRE, Layla F. A.; FORMIGA, Washington J. F.; LAGDEN, Mônica G.; LUNA, Aline S. de; ALVES, Fernanda de L.; CORRÊA, Marcelo de A.; SANTOSARTIGOS, Marcos A. G. dos. **Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana**. 2018. Disponível em: http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/458/445. Acesso em: 18 maio 2022.

FUJISHIMA, Akira; RAO, Tata N.; TRYK, Donald A.. Titanium dioxide photocatalysis. **Journal Of Photochemistry And Photobiology C: Photochemistry Reviews**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-21, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1389-5567\(00\)00002-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1389-5567(00)00002-2).

FUJITA, Renata Mayumi Lopes; JORENTE, Maria José. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista ModaPalavra e-periódico**, v.8, n. 15, p. 153-174, 2015. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514051496008>. Acesso em 19 mai.2022.

KYZAS, George Z.; KOSTOGLU, Margaritis; VASSILIOU, Alexandros A.; LAZARIDIS, Nikolaos K.. Treatment of real effluents from dyeing reactor: experimental and modeling approach by adsorption onto chitosan. **Chemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 168, n. 2, p. 577-585, abr. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.026>

GOLOB, V; A VINDER; SIMONIC, M. Efficiency of the coagulation/flocculation method for the treatment of dyebath effluents. **Dyes And Pigments**, [S.L.], v. 67, n. 2, p. 93-97, nov. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2004.11.003>.

GONSALVES, Arlan de Assis. *et al.* DIFERENTES ESTRATÉGIAS PARA A RETICULAÇÃO DE QUITOSANA. **Química Nova**, Maceió, v. 34, n. 7, p. 1215-1223, abr. 2011.

GOUVÊA, Carlos A.K.; WYPYCH, Fernando; MORAES, Sandra G.; DURÁN, Nelson; NAGATA, Noemi; PERALTA-ZAMORA, Patricio. Semiconductor-assisted photocatalytic degradation of reactive dyes in aqueous solution. **Chemosphere**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 433-440, fev. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0045-6535\(99\)00313-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0045-6535(99)00313-6).

GUSMÃO, Lucas Luiz. **Treatment of effluents of textile industry by the adsorption-photooxidation process using the magnetic composite Chitosan-TiO₂-Iron Oxide**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica analítica; Agroquímica inorgânica e Físico-química; Agroquímica orgânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

HABIBA, Umma; ISLAM, Md. Shariful; SIDDIQUE, Tawsif A.; AFIFI, Amalina M.; ANG, Bee Chin. Adsorption and photocatalytic degradation of anionic dyes on Chitosan/PVA/Na-Titanate/TiO₂ composites synthesized by solution casting method. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 149, p. 317-331, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.127>.

HOLKAR, Chandrakant R.; JADHAV, Ananda J.; PINJARI, Dipak V.; MAHAMUNI, Naresh M.; PANDIT, Aniruddha B.. A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 182, p. 351-366, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.

KIMURA, Irene Y.; GONÇALVES JUNIOR, Affonso C.; STOLBERG, Joni; LARANJEIRA, Mauro C. M.; FÁVERE, Valfredo T. de. Efeito do pH e do Tempo de Contato na Adsorção de Corantes Reativos por Microesferas de Quitosana. **Polímero: ciência e tecnologia**. Trindade, p. 51-57. set. 1999.

KON, Anita; COAN, Durval Calegari. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. **Revista de economia Mackenzie**, v. 3, n. 3, 2009. Disponível em: https://pesquisaeasp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/774-texto_do_artigo-1896-1-10-20090625.pdf. Acesso em 20 mai.2022.

KUMAR, A. Santhana Krishna; GUPTA, Timsi; KAKAN, Shruti Singh; KALIDHASAN, S.; MANASI; RAJESH, Vidya; RAJESH, N.. Effective adsorption of hexavalent chromium through a three center (3c) co-operative interaction with an ionic liquid and biopolymer. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.L.], v. 239-240, p. 213-224, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.08.065>.

LI, Qiang; SU, Haijia; TAN, Tianwei. Synthesis of ion-imprinted chitosan-TiO₂ adsorbent and its multi-functional performances. **Biochemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 212-218, fev. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2007.07.007>.

LIMA, Camila Renata Machado de. **Estudos de adsorção de tetraciclina e cromoglicato em partículas de quitosana**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2013.

LIU, Ruichao; ZHANG, Bing; MEI, Dandan; ZHANG, Haoqin; LIU, Jindun. Adsorption of methyl violet from aqueous solution by halloysite nanotubes. **Desalination**, [S.L.], v. 268, n. 1-3, p. 111-116, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.006>.

MATYJAS, E. RYBICKI, E.; Novel reactive dyes. **Autex Research Journal**, v.3, n.2, p.90-95, 2003.

MEDEIROS, Maria Rosângela Calheiros Alves de. **Produção de Quitosana por Mucor Subtilissimus por fermentação semi-sólida em meio alternativo e aplicação na remoção do corante azul de metileno**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do. *et al.* **Adsorção**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. E-book. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária. 2020. (Estudos da pós-graduação). Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/53271>. Acesso em: 21 nov. 2022.

NGAH, W.s.Wan; GHANI, S. Ab; KAMARI, A.. Adsorption behaviour of Fe(II) and Fe(III) ions in aqueous solution on chitosan and cross-linked chitosan beads. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 96, n. 4, p. 443-450, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.022>.

NIEDERSBERG, Carolina; SCHNEIDER, RCS; RODRIGUEZ, A. L. **Ensaios de adsorção com carvão ativado produzido a partir da casca do tungue (Aleurites Fordii), resíduo do processo de produção de óleo**. Santa Cruz do Sul, p. 57-58, 2012.

OGUZ, E; KESKINLER, B; CELIK, Z. Ozonation of aqueous Bomaplex Red CR-L dye in a semi-batch reactor. **Dyes And Pigments**, [S.L.], v. 64, n. 2, p. 101-108, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2004.04.009>.

OLIVEIRA, Maria Zillene Franklin da Silva; FERNANDES, Tatiana Sainara Maia; CARVALHO, Tecia Vieira. Síntese e caracterização de beads de quitosana comercial reticulados com glutaraldeído. **Revista Matéria**, Fortaleza, v. 26, n. 2, p. 1-11, fev. 2021.

OLIVERA, Sharon; MURALIDHARA, Handanahally Basavarajaiah; VENKATESH, Krishna; GUNA, Vijay Kumar; GOPALAKRISHNA, Keshavanarayana; K., Yogesh Kumar. Potential applications of cellulose and chitosan nanoparticles/composites in wastewater treatment: a review. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 153, p. 600-618, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.017>.

PAULINO, Alexandre T.; GUILHERME, Marcos R.; REIS, Adriano V.; CAMPESE, Gilsinei M.; MUNIZ, Edvani C.; NOZAKI, Jorge. Removal of methylene blue dye from an aqueous media using superabsorbent hydrogel supported on modified polysaccharide. **Journal Of Colloid And Interface Science**, [S.L.], v. 301, n. 1, p. 55-62, set. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2006.04.036>.

PAULINO, Thiago Romário Soares; ARAÚJO, Rinaldo dos Santos; SALGADO, Bruno César Barroso. Estudo de oxidação avançada de corantes básicos via reação Fenton (Fe²⁺/H₂O₂). **Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Maracanaú, v. 20, n. 3, p. 347-352, jul. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/QKMtpqZvBF8bLyCTKLXNYNh/?lang=pt&format=pdf#:~:text=Como%20mostrado%20na%20Figura%203A,em%20245%20e%20290%20nm..> Acesso em: 07 out. 2022.

DE MELO, Talvanis Clovis Santos, *et al.* Valorização dos resíduos do processamento do urucum através da pirólise flash. **Processos Químicos e Biotecnológicos Volume 7**, p. 41.

PRASHANTH, K.V. Harish; THARANATHAN, R.N.. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential.:an overview. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 117-131, mar. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2006.10.022>.

RINAUDO, Marguerite. Chitin and chitosan: properties and applications. **Progress In Polymer Science**, [S.L.], v. 31, n. 7, p. 603-632, jul. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>.

ROBINSON, Tim; MCMULLAN, Geoff; MARCHANT, Roger; NIGAM, Poonam. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 77, n. 3, p. 247-255, maio 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00080-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00080-8).

RODRIGUES, Murilo Álison Vigilato. **Biomateriais de quitosana/gelatina com resina de jatobá: influência do grau de acetilação da quitosana e da inclusão da resina**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

RODRIGUES, Patrícia Alves Sobrinho. **Quitosana como adsorvente para remoção de cor em solução aquosa de corante reativo**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SANTANA, H.; BONANCÊA, C. E.; TAKASHIMA, K. **Fotocatálise eletroquímica de atrazina sobre dióxido de titânio**: efeito de diferentes parâmetros operacionais. Química Nova, v.26, n.6, p.807-811, 2003.

SEN GUPTA, S. AND BHATTACHARYYA, K.G., **Kinetics of adsorption of metal ions on inorganic materials**: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 162(1– 2): p. 39-58, 2011.

SHEN, C., WEN, Y., KANG, X., AND LIU, W. **H2O2-induced surface modification: A facile, effective and environmentally friendly pretreatment of chitosan for dyes removal**. *Chemical Engineering Journal*, 166(2): p. 474-482, 2011.

SIGNINI, Roberta; CAMPANA FILHO, Sérgio P.. Purificação e caracterização de quitosana comercial. **Polímeros**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 63-68, dez. 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14281998000400009>.

SILVA, Yedna Maria de Oliveira. **Formulação e caracterização de membranas de quitosana e de quitosana com tetraciclina para fins farmacêuticos**. 2017. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas - Rn, 2017.

SOARES, José Luciano. **Remoção de Corantes Têxteis por adsorção em carvão mineral ativo com alto teor de cinzas**. 1998. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade 1998.

SOUZA, Kely Viviane de. **Desenvolvimento de espécies de ferro imobilizadas em matrizes poliméricas e sua utilização na remediação de resíduos industriais**. 2009. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SPONZA, Delia Teresa. Toxicity studies in a chemical dye production industry in Turkey. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.L.], v. 138, n. 3, p. 438-447, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.05.120>.

SUN, Shengling; WANG, Aiqin. Adsorption properties of N-succinyl-chitosan and cross-linked N-succinyl-chitosan resin with Pb(II) as template ions. **Separation And Purification Technology**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 409-415, out. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2006.03.004>.

TAVARES, Idylla Silva. **Obtenção e caracterização de nanopartículas de quitosana**. 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

TOLEDO, R. A. S., Tecnologia da Reciclagem. **Química Têxtil**, p. 8-14, março de 2004.

TRUFEM, S. F. B. **Diversidade no reino fungi: Zygomycota**. São paulo: Universidade de São paulo. USP. Instituto de Botânica. Brasil. 2000.

UDDIN, M. D., ISLAM, M. D., MAHMUD, SH., RUKANUZZAMAN, M. D. **Adsorptive removal of methylene blue by tea waste**, J. Hazard. Mater, v. 164, p. 53-60, 2009.

VAKILI, M. *et al.* **Application of chitosan and its derivatives as adsorbents for dye removal from water and wastewater: A review**. Carbohydrate Polymers, 113: p. 115-130, 2014.

VIEIRA, R. S. **Remoção e recuperação de íons Hg(II) utilizando quitosana natural e reticulada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 150p, 2004.

WANG, L.; ZHANG, J.; WANG, A. **Fast removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto chitosan-g-poly (acrylic acid) attapulgitite composite**. Desalination. v. 266, p.33-39. 2011

WESKA, R. F. *et al.* **Optimization of deacetylation in the production of chitosan from shrimp wastes: Use of response surface methodology**. Journal of Food Engineering, 80, 749-753, (2007).

ZENDEHDEI, M.; KALATEH, Z.; ALIKHANI, H. Efficiency evaluation of nay zeolite and tio 2 /nay zeolite in removal of methylene blue dye from aqueous solutions. **Iran. Journal Environ. Health. Sci. Eng**, v. 8, n. 3, p. 265-272, 2011.

ZHANG, Yongqin; ZHANG, Xiaoyang; DING, Ruoran; ZHANG, Jianbin; LIU, Jiwen. Determination of the degree of deacetylation of chitosan by potentiometric titration preceded by enzymatic pretreatment. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 83, n. 2, p. 813-817, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.058>.