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

JOSILÂNDIA DOS SANTOS CARVALHO

REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE BROMOFENOL UTILIZANDO OS TENSOATIVOS ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO E RENEX-100.

CARAÚBAS
2022

JOSILÂNDIA DOS SANTOS CARVALHO

REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE BROMOFENOL UTILIZANDO OS ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO E RENEX-100.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Caraúbas, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Guymmann Clay da Silva.

CARAÚBAS
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 vinculas 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.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C331r Carvalho, Josilândia dos Santos.
REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE BROMOFENOL UTILIZANDO OS TENSOATIVOS ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO E RENEX-100. / Josilândia dos Santos Carvalho. - 2022.
45 f. : il.

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

1. Tratamento.. 2. Corante têxtil.. 3. corpos hídricos.. 4. indústria têxtil. 5. Micelas.. I. Silva, Guymmann Clay da , orient. II. Título.

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.

JOSILÂNDIA DOS SANTOS CARVALHO

REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE BROMOFENOL UTILIZANDO OS TENSOATIVOS ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO E RENEX-100.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Caraúbas, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 15/06/22.

BANCA EXAMINADORA

Guymmann Clay da Silva

Assinado digitalmente por Guymmann Clay da Silva
DN: OU=UFERSA, CN=Guymmann Clay da Silva, E=guymmann@ufersa.edu.br
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.06.22 12:23:32-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.2

Profa. Dra. Guymmann Clay da Silva
Presidente

DANIEL FREITAS FREIRE MARTINS [redacted]

Assinado de forma digital por DANIEL FREITAS FREIRE MARTINS:[redacted]
Dados: 2022.06.22 10:05:18 -03'00'

Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins
Examinador

ANA TEREZA DE ABREU LIMA [redacted]

Assinado de forma digital por ANA TEREZA DE ABREU LIMA:[redacted]
Dados: 2022.06.21 12:52:37 -03'00'

Profa. Dra. Ana Tereza de Abreu Lima
Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha bisavó Luzia Secundina (*in memorian*), a quem chamo carinhosamente de Mãe Luzia, por todos os ensinamentos e carinho comigo. A sua presença aqui na Terra foi de extrema importância na minha vida, especialmente pelo incentivo na área acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda sabedoria, discernimento e bondade comigo como também por toda proteção espiritual. Agradeço a Nossa Senhora por toda intercessão na minha vida.

Agradeço aos meus Pais, minha Mãe Francisca e meu Pai Josinaldo por acreditarem nos meus sonhos, por todo zelo e por não medirem esforços para me auxiliar. Toda minha gratidão, amo vocês!

Agradeço aos meus irmãos, especialmente Janaelson por transmitir alegria, por todo carinho e por sonhar junto comigo.

Agradeço à minha Orientadora, Dra. Guymmann Clay, a quem tenho um grande apreço, por toda dedicação nos ensinamentos nas disciplinas lecionadas e durante o desenvolvimento do trabalho, pela paciência e zelo comigo. Pelos ensinamentos que ultrapassam a vida acadêmica e por toda confiança e motivação.

Agradeço aos técnicos dos Laboratórios de Química, Joe Vitor e Wiclitor Wagner, pela disponibilidade e auxílio nos experimentos.

Agradeço a minha amiga Lainara, minha irmã de outra mãe, por sempre ouvir minhas angústias e anseios, mas sempre está do meu lado mesmo distante fisicamente, por acreditar que eu era capaz até nos momentos que desacreditei, obrigada por suportar meus choros durante as madrugadas. Sua amizade vale ouro.

Agradeço aos “Ismões” que durante esses 4 anos são pessoas de extrema relevância, por dividimos medos, conquistas e sem falar nas viradas de noites resolvendo listas de exercício. Pela união, compromisso, lealdade, companheirismo e carinho. Ana Carla com o seu jeitinho marcante e suas histórias que nos traz alegria, com seu senso de justiça e responsabilidade. Luiz Felipe com seu carisma que rouba o nosso sorriso, a sua forma única de demonstrar carinho e sua forma comunicativa de enturmar com as pessoas. A Pablo com seu abraço que revigora a alma, com seu jeitinho autêntico, paciência e companheirismo. A vocês minha gratidão por estarem sempre do meu lado e ter o privilégio de participar do quarteto fantástico. Foi com vocês que aprendi que a união faz a força, força essa para enfrentar os desafios acadêmicos.

Agradeço ao GOU Renovados em Cristo e a todos quem fazem parte desse movimento por toda acolhida, atenção e ser meu refúgio de todas as segundas-feiras e manter minha fé viva. De maneira especial gostaria de citar Bianca, Ana Karla, Letícia, Larissa Freitas, Larissa Mirelle, Adriana, Hilário, Larissa Abreu e os demais perseverantes por cuidaram tão bem de mim, por tornar meus finais de semanas e datas importantes mais leves, pela preocupação comigo, por todo carinho, abraços, orações e por serem minha família do RN. A vocês minha gratidão!

Agradeço a minha família, em especial aos meus avós maternos e minha prima Jaiane por todo zelo comigo.

Agradeço a Thaís Shaiva, Alícia, Ítalo, Danilo pelos momentos impares que vivemos e por toda motivação.

Agradeço a Nádia, Luana, Mariana Sousa por sempre estarem presente com orações e pelo carinho comigo.

Agradeço a Letícia Benevides e Pedro Lucas por todos os auxílios e cuidados durante essa trajetória.

Agradeço ao meu Grupo de Oração Renovados em Cristo de Paulistana-PI por todas as orações, muito obrigada.

Agradeço a Ana Beatriz pelos momentos que compartilhamos.

Agradeço aos Professores Mariana Maia, Edna Linhares, Mackson, Daniel Freitas por lecionarem os assuntos de forma espetacular.

Agradeço a todos que contribuíram de uma forma direta ou indiretamente ao trabalho.

“Um cientista no seu laboratório não é apenas um técnico: é, também, uma criança colocada à frente de fenômenos naturais que impressionam como se fossem conto de fadas”
Marie Curie

RESUMO

A água é um bem indispensável para a humanidade, sendo utilizado um grande volume desse fluído nos processos da indústria têxtil, especialmente na tintura e acabamentos, dessa forma provocando poluição nos corpos hídricos. Durante o processamento usar-se corantes, que consiste em uma substância de difícil remoção que durante os processos geram uma imensa quantidade de resíduos na qual não há um tratamento adequado. Porém, os tensoativos apresentam como uma técnica viável devido a rapidez de remoção e baixo custo. Nesse sentido, esse presente trabalho tem o objetivo de comparar a eficiência entre os tensoativos Álcool Cetoestearílico (Sólido) e Renex-100 (líquido) aplicando-se a metodologia de preparação das soluções de corante do Azul de Bromofenol com concentrações de 10, 15, 20, 25 e 30 mg/L, que representa os efluentes têxteis. Logo em seguida, foram obtidas as concentrações de 1, 4 e 8 g/L dos tensoativos na qual os dados obtidos através do equipamento UV-visível foram analisados. Os resultados obtidos mostram que tensoativo álcool cetoestearílico tem melhor eficiência de remoção na maior concentração, já o tensoativo Renex- 100 é mais eficiente para menor concentração. Por fim, o tensoativo Renex-100 é o mais eficiente para a remoção do corante azul de bromofenol.

Palavras-Chaves: Tratamento. Corante têxtil. Corpos hídricos. Indústria têxtil. Micelas.

ABSTRACT

Water is an indispensable good for humanity, and a large volume of this fluid is used in the textile industry processes, especially in dyeing and finishing, thus causing pollution in water bodies. During processing, dyes are used, which consist of a substance that is difficult to remove that during the processes generate an immense amount of waste which is not properly treated. However, surfactants present as a viable technique due to the speed of removal and low cost. In this sense, this present work aims to compare the efficiency between the surfactants Cetostearyl Alcohol (Solid) and Renex-100 (liquid) applying the methodology of preparation of Bromophenol Blue dye solutions with concentrations of 10, 15, 20, 25 and 30 mg/L, which represents textile effluents. Soon after, the concentrations of 1, 4 and 8 g/L of the surfactants were obtained, in which the data obtained through the UV-visible equipment were analyzed. The results obtained show that cetostearyl alcohol surfactant has better efficiency at the highest concentration, while the renex-100 surfactant is more efficient at lower concentration. Finally, the surfactant Renex-100 is the most efficient.

Keywords: Treatment. Textile dye. Water bodies.textile industry.micellar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do corante azul de bromofenol.....18
Figura 2: Esquema da estrutura do tensoativo. 21
Figura 3: Comportamento de um tensoativo submetido em água e óleo. 21
Figura 4 : Classificação dos tensoativo em relação a carga. 22
Figura 5: Estrutura molecular do tensoativo.....23
Figura 6: Formação de micelas.....24
Figura 7 : Tipos de micelas (a) – direita (b) inversa. 25
Figura 8: Estrutura química do Álcool Cetoestearílico. 26
Figura 9: Estrutura química do RENEX-100. 27
Figura 10: Tubos de ensaios com o corante azul de bromofenol mais o tensoativo álcool cetoestearílico antes da centrífuga.....30
Figura 11: Tubos de ensaios com o corante azul de bromofenol mais o tensoativo Renex - 100 antes da centrífuga. 31
Figura 12 : Curva de calibração do corante azul de bromofenol.....33
Figura 13 : Sobrenadante do tensoativo álcool cetoestearílico.....33
Figura 14: Gráfico de percentagem de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico. 36
Figura 15: Degradação do corante pelo tensoativo Renex - 100.....37
Figura 16: Percentagem de degradação do corante pelo tensoativo Renex - 100. 39
Figura 17 : Gráfico de comparação entre os tensoativos.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Materiais e reagentes utilizados. 28
Tabela 2 : Tabela das concentrações e absorbâncias das soluções do corante azul de bromofenol. 32
Tabela 3 : Absorbâncias obtidas para o azul de bromofenol, a diferentes concentrações do tensoativo Álcool Cetoestearílico, 8, 4 e 1 g/L. 34
Tabela 4: Concentrações finais do corante azul de bromofenol, após aplicação do tensoativo álcool cetoestearílico. 34
Tabela 5 : Concentração de remoção do azul de bromofenol pelo tensoativo álcool cetoestearílico. 35
Tabela 6: Tabela de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico em termo de percentagem. 35
Tabela 7: Absorbâncias obtidas para o corante azul de bromofenol, para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L do tensoativo Renex – 100. 37
Tabela 8 : Concentrações finais do corante azul de bromofenol após a degradação do tensoativo Renex -100. 38
Tabela 9: Concentrações de degradação do corante azul de bromofenol pelo tensoativo Renex- 100. 38
Tabela 10: Percentagem de degradação do corante azul de bromofenol pelo tensoativo Renex - 100. 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 OBJETIVO GERAL 15

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

3 REFERENCIAL TEÓRICO 16

3.2 O USO DA ÁGUA PELA INDÚSTRIA TÊXTIL E OS PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS. 16

3.3 CORANTES TÊXTEIS 17

3.3.1 Corante de azul de bromofenol 18

3.4 LEI DO MEIO AMBIENTE 19

3.5 TRATAMENTOS DOS EFLUENTES INDUSTRIAIS 20

3.6 TENSOATIVOS 20

3.6.1 Classificação dos tensoativos 21

3.6.2 Formação de micelas 24

3.7 ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO 26

3.8 RENEX-100 (Oxiteno) 27

4 MATERIAIS E MÉTODOS 27

4.1 MATERIAIS E REAGENTES 28

4.2 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DOS CORANTES 28

4.3 DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS TENSOATIVOS 29

4.4 REMOÇÃO DO CORANTE PELOS TENSOATIVOS 30

4.5 QUANTIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS DADOS COLETADOS 31

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 32

5.1 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL 32

5.2 REMOÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL PELO TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO.....33

5.3 DEGRADAÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL PELO TENSOATIVO RENEX-100 37

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE O TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESREARÍLICO E TENSOATIVO RENEX 100. 40

6 CONCLUSÕES 41

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....42

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se da importância da água para o planeta, pois possui um volume de aproximadamente 3% dessa substância potável, ou seja, apropriada para o consumo humano. Nesse sentido deve-se buscar inúmeras formas para a sua preservação. Entretanto, a indústria têxtil para seus processos usa em larga escala os corantes reativos que fazem parte principalmente do grupo azocorantes que possuem alta solubilidade na água e baixa degradabilidade, provocando grandes impactos ambientais (QUEIROZ et al., 2019).

Cabe salientar que o Ser Humano desde a pré-história busca formas para melhoria de vida e bem-estar. Dessa maneira, simplificando os processos complexos, porém, após o estopim da revolução industrial, na qual foi implementado o sistema de produção de maquinofaturas impulsionando o desenvolvimento de inúmeras áreas nesse contexto, surge a fabricação de corantes sintéticos. Por outro lado, acarreta em impactos ambientais que aumentaram significativamente, que podem ser citados a contaminação da água edo solo, retiradas das florestas, geração de resíduos sólidos e esgotos (MOUTINHO, c2000).

Na perspectiva de Carneiro e Zanoni (2016), os corantes são utilizados pela humanidade desde da antiguidade, quando foram obtidos por meio das fontes naturais. A priori, as tintas eram destinadas para adorno pessoal, ornamentar utensílios e especialmente para atribuir cores aos tecidos têxteis que serviam para proteger o corpo e enfeitar as residências (ARAÚJO, 2006).

De acordo com Reis e Jesus (2019), os resíduos gerados interferem no ambiente aquático prejudicando o habitat dos seres vivos, podendo mencionar, por exemplo, o corante descartado em um curso d'água que não degrada impossibilita a passagem dos raios solares, dessa forma impede a fotossíntese das espécies aquáticas. Além disso, esses efluentes podem contribuir para o aparecimento de células cancerígenas ou mutações.

Kunz et al. (2002) complementa que os corantes causam poluição visual por meio dos corpos d'água devido não se fixarem na fibra do tecido, em alguns casos possuem compostos químicos que destrói os micro-organismos, que são os responsáveis pela decomposição natural no ambiente. Ademais, Sens (2000) enfatiza a baixa degradação biológica dos corantes e a organização estrutural das suas moléculas orgânicas.

Nesse contexto, compreende-se que a água é um recurso de suma importância para a existência humana. Alguns estudiosos consideram a água um bem renovável, todavia, essa substância é altamente usada pela indústria, especialmente pelo setor têxtil que é empregada desde o processo inicial até o final. Porém, as técnicas aplicadas nos efluentes gerados por esse serviço prejudica em grande escala os recursos hídricos, devido à dificuldade de remoção dos corantes utilizados (SOARES,1998).

Segundo Cavalcanti (2021), o setor têxtil possui uma alta relevância principalmente no Brasil, pois é a 5ª maior indústria na área, como também é um dos setores industriais que faz o uso da água em grande proporção. Ainda segundo, a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e da Confecção- ABIT (2022) em 2020 foi produzido o volume de 1,91 milhões de toneladas de tecido por esse setor, aumentando assim as quantidades de efluentes, pois os tratamentos realizados pela indústria são insuficientes para a remoção dos corantes dos recursos hídricos. Sendo assim, poderia haver uma técnica que removesse esses corantes dos efluentes têxteis?

A sociedade tem buscado alternativas sustentáveis principalmente, no ramo industrial para atenuar os problemas ambientais provocados pela globalização. Nesse trabalho, será empregado o uso de tensoativos não-iônicos (sólido e líquido), devido suas propriedades de absorção em substâncias heterogêneas (água e corante), com o intuito de empregar técnicas de baixo custo e alta eficiência de remoção (LIMA, 2018).

Perante o exposto, esse trabalho teve o objetivo de comparar a eficiência entre os tensoativos Álcool Cetoestearílico (sólido) e Renex-100 (líquido) para remoção de corante de efluentes têxteis. Os efluentes da indústria têxtil, serão as soluções do corante azul de bromofenol cujas as concentrações terão 0, 10, 15, 20, 25 e 30 mg/L na qual necessita-se determinar a curva de calibração específica. Serão aplicados os dois tensoativos com concentrações de 1, 4 e 8 g/L cada para a remoção do corante, em seguida um levantamento percentual de extração do tensoativos, por último a comparação dos dados obtidos.

2 OBJETIVO GERAL

Comparar a eficiência entre os tensoativos álcool cetoestearílico (sólido) e renex-100 (líquido) para a remoção de corantes de efluentes têxteis.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar as soluções do corante azul de bromofenol nas concentrações de 0, 10, 15, 20, 25 e 30 mg/L;
- Determinar a curva de calibração do corante;
- Produzir as soluções para os dois tensoativos com as concentrações de 1, 4 e 8 g/L;
- Levantar o percentual de extração dos tensoativos;
- Comparar os dados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA

Segundo Fujita e Jorente (2015), entre os primeiros relatos que Pero Vaz de Caminha fez a el- Rei Dom Manoel, por intermédio de uma carta, sobre o achamento do Brasil, o autor comunica ter visto uma mulher enlaçada com uma criança por meio de um tecido antes do período colonial, o que evidência que a manufatura desse material está inserida na sociedade a muito tempo. Apesar das regiões Norte e Nordeste naquele período possuírem uma cultura algodoeira lucrativa e diversas manufaturas têxteis introduzindo a industrialização, a Rainha Maria I proibiu essa atividade devido o interesse na agricultura e exploração mineral pela Coroa Portuguesa (FUJITA e JORENTE, 2015).

De acordo com Kon e Coan (2009), a indústria têxtil brasileira ganhou destaque na chegada do século XX, fortalecendo-se na década de 1940, sendo reconhecida como um setor industrial dinâmico no país, a qual a economia é voltada para o setor primário. Os escritores ainda informam, que durante a Segunda Guerra Mundial, o Brasil tornou-se o segundo maior produtor mundial da área. Para complementar os autores Fujita e Jorente (2015), ressaltam que no ano de 2011 o país estava na 8ª posição entre os maiores produtores do mundo têxtil e 7º posição para a produção de artigos confeccionados.

3.2 O USO DA ÁGUA PELA INDÚSTRIA TÊXTIL E OS PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS.

Para Hassemer (2000), a fabricação têxtil é um dos maiores setores industriais do mundo, em relação a sua produção e o número de trabalhadores que ocupa. Hassemer (2000) apud Sanin (1997) acrescentam que apesar da simplicidade da produção, que varia desde grandes indústrias automatizadas até pequenas manufaturas, a indústria têxtil precisa utilizar uma enorme de quantidade de água, corantes e produtos químicos. Silva (2011) aponta a água como o fluído mais consumido sendo em média de 100 m³ para cada tonelada de tecido processada. Dessa forma, nas fases de tinturaria (tingimento) e acabamento fica concentrado o maior volume de água utilizada (ALMEIDA, DILARRI, CORSO, 2016).

Hassemer (2000) afirma que devido as preocupações com o meio ambiente, os efluentes gerados por essa atividade industrial são tratados por processos físico-químicos e biológicos convencionais reduzindo a carbonácea, em contrapartida produz uma enorme massa de lodo, necessitando de áreas extremamente grandes para a implementação de aterros (SILVA. S.,2011). Nesse contexto, Silva. S., (2011) frisa que é habitual o emprego de recursos hídricos pela indústria, que modifica a qualidade das águas devido a contaminação dos produtos químicos, corantes, alteração da cor, odor, temperatura e entre outros fatores.

De acordo com Burkinshaw e Salihu (2013), são produzidas mais de 700 toneladas de corantes para a utilização pelo setor têxtil. Além disso, esse setor tem a responsabilidade de produzir os corantes e realizar os descartes finais dessas substâncias (ALMEIDA, DILARRI, CORSO, 2016).

Diante disso, Moura (2016) menciona a toxicidade dos corantes ao ecossistema aquáticos - pois impede a passagem da luz solar e reduz a porção de oxigênio dissolvido - Hassemer (2000) expande os malefícios dessas substâncias devido a carga orgânica, a cor característica e os compostos químicos que prejudica o meio ambiente e o homem.

3.3 CORANTES TÊXTEIS

Parafraseando Carneiro e Zanoni (2016), os corantes podem ser definidos como substâncias orgânicas que refletem a luz absorvida para um substrato que são extremamente coloridos ou fluorescentes. Soares (1998) complementa que os corantes podem ser aplicados em inúmeras matérias-primas (Materiais têxteis, papel, couro), por meio líquido desde que possua solubilidade total ou parcial, ou se necessário a incrementação de aditivos. Esses corantes são categorizados pelo modo de fixação nos tecidos ou pela classe química (GUARATINI, ZANONI, 2000):

- Corantes Ácidos: São corantes que tem facilidade em se dissolver (solúveis) num líquido, em sua estrutura existe ao menos um grupo sulfônico ($-SO_3H$) como também possuem uma alta atração pela fibra celulósica do tecido.

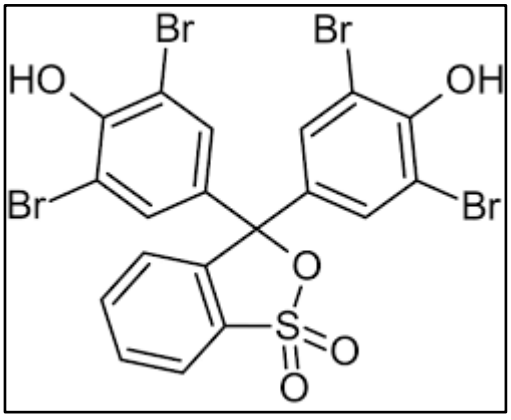
- Corantes Azoicos: Os corantes não se dissolvem em água (insolúveis), para a fixação do corante é necessário introduzir um agente de acoplagem na fibra. Possuem na sua estrutura um mínimo de grupo azo (–N=N–).

- Corantes Branqueadores: Possuem em suas estruturas químicas anéis aromáticos que estão ligados ao grupo carboxílicos azometino (–N=CH–) ou etilênicos (–CH=CH).
- Corantes a Cuba: Contêm mais de um anel aromático na estrutura química, são insolúveis em água, sendo necessária a aplicação com ditionito em solução para a fixação.
- Corantes Diretos: São corantes que se dissolvem em água e apresentam mais de uma estrutura azo, por meio da força de van der waals interage com a fibra.
- Corantes Dispersivos: São aplicados por suspensão poque são insolúveis na água. Não possuem grupos azos nas cadeias químicas.
- Corantes de Enxofre: Possuem na sua estrutura química polissulfetos (–Sn-) e não se dissolvem em água (insolúveis).
- Corantes Pré-Metalizados: Suas estruturas químicas estão ligadas aos íons metálicos.
- Corantes Reativos: Possuem a função antraquinona e azo como grupos cromóforos. Apresenta grupos químicos eletrofílicos reativos, que integram ligações covalentes com os principais sítios de ligação da fibra do tecido.

3.3.1 Corante de azul de bromofenol

Conforme a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ - o corante azul de bromofenol possui a composição química ($C_{19}H_{10}Br_4O_5S$), peso molecular de 669,98 g/mol apresenta-se na forma de pó, na cor avermelhada, com o ponto de fusão de 204ºC. Vale frisar que esse corante é solúvel em álcool. A Figura 1 apresenta a estrutura química do corante azul de bromofenol. Vale ressaltar que esse Corante foi escolhido devido as modificações de cores que sofre na presença de álcool e/ou água.

Figura 1: Estrutura química do corante azul de bromofenol.



Fonte: ABCAM, 2022.

3.4 LEI DO MEIO AMBIENTE

Em consonância com a Carta Magna Brasileira, a Lei nº 6.938 de 1981 refere-se sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Cabe enfatizar que a regulamentação ocorre pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA - (BRASIL,1981).

Nessa perspectiva, no art 3º inciso III da referida Lei, compreende-se por poluição "a degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que direta ou indiretamente afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente" (BRASIL,1981).

Nesse sentido, as indústrias têxteis poluem o ambiente, quando não fazem o tratamento correto dos seus efluentes, pois seus corantes possuem cores intensas e prejudica o meio ambiente. Ainda na Lei nº 6.938 de 1981 estão contidas as formas de fiscalização por intermédio do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e as penalizações.

Diante disso, a Resolução nº 430/2011 elaborada pelo CONAMA no art.16 inciso I, Brasil (2011), estabelece as condições nas quais os efluentes podem estar submetidos para serem lançados diretamente nos corpos hídricos.

- pH entre 5 e 9;
- Temperatura inferior a 40ºC;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de hora em cone *inmhoff* (para lançamento em corpos d'água como lagos ou lagoas os materiais sedimentáveis devem estar virtualmente ausentes);
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- Concentração de óleos minerais até 20 mg/L;
- óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- ausência de materiais flutuantes;
- Demanda Química de Oxigênio de 5 dias a 20°C e remoção mínima de 60%.

Sendo assim, a indústria têxtil deve atender esses critérios químicos, biológicos e físicos da Resolução nº 430/2011 do CONAMA, para garantir que seus substratos possam ser liberados no meio ambiente.

3.5 TRATAMENTOS DOS EFLUENTES INDUSTRIAIS

Fundamentando-se no pensamento difundido pelo Químico Lavoisier “Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, os resíduos das indústrias têxteis precisam passar por tratamentos para minimizar os impactos ambientais gerados, no entanto segundo Abreu et al. (2008) as empresas não estão preocupadas com as esferas social e ambiental, realizando assim apenas o trivial para evitar as multas.

Almeida, Dilarri e Corso (2016) frisam os tratamentos adsortivos, biodegradáveis e métodos oxidativos avançados, apesar das eficácias dessas técnicas, o alto custo, a necessidade de um estudo detalhado dos materiais ou a utilização de substâncias poluentes na natureza impede o aprimoramento dos tratamentos.

Todavia, Freitas (2002) sugere que o primeiro processo a ser aplicado para resolver os problemas ambientais dos efluentes têxteis, seria a redução do uso corante e consequentemente à quantidade de água limpa através da redução, reutilização e reciclagem, atualmente conhecido pelo 3 Rs da sustentabilidade.

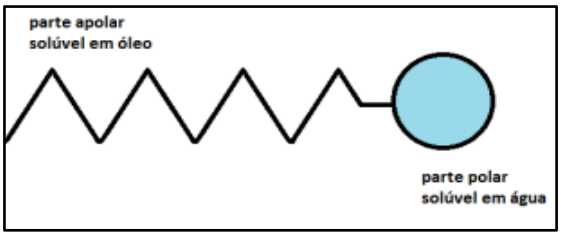
Nos últimos tempos os estudos para a remoção de corantes, com uso de tensoativos tem ganhado grande visibilidade pela rapidez de execução e baixo custo de investimento. De acordo com Melo (2015), os tensoativos não iônicos possuem uma temperatura nuvem, ou seja, em uma temperatura específica que a solução se afigura turva a extração ocorre por meio do ponto de nuvem. Além disso, os tensoativos aniônicos são tratados pela floculação iônica (MELO, 2015).

3.6 TENSOATIVOS

Silva, G. (2011) descreve tensoativos (também conhecido por surfactantes) como substâncias anfifílicas naturais ou sintéticas que possuem duplo comportamento, uma parte das moléculas possuem afinidade com fase aquosa (hidrofílica), enquanto há outra parcela interage com a fase orgânica (hidrofóbica). Hunter (1992) acrescenta que a parte hidrofílica é atraída por substâncias polares, enquanto a extremidade hidrofóbica interage com substâncias apolares, esse

processo ocorre devido a sua estrutura molecular. A Figura 2 mostra a estrutura esquemática de um tensoativo.

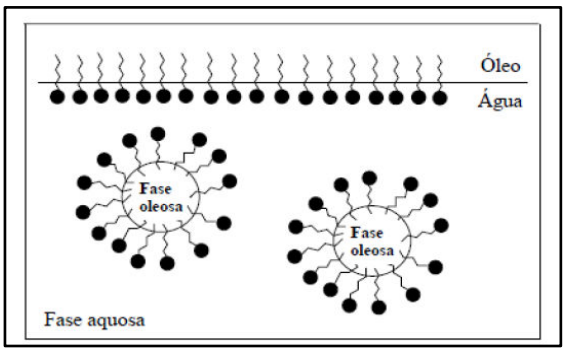
Figura 2: Esquema da estrutura do tensoativo.



Fonte: Firmino, 2014.

Firmino (2014) afirma que a parte apolar geralmente corresponde à cadeia carbônica na qual ocorre a interação hidrofóbica das moléculas, enquanto a parte polar permite a interligação com água dessa forma, surge uma região de fronteira entre as substâncias (DANTAS et al., 2003). Silva (2011) complementa que um filme interfacial é formado com as propriedades mecânicas atreladas às propriedades do tensoativo. A Figura 3 apresenta o comportamento da água e óleo submetido a um tensoativo.

Figura 3: Comportamento de um tensoativo submetido em água e óleo.

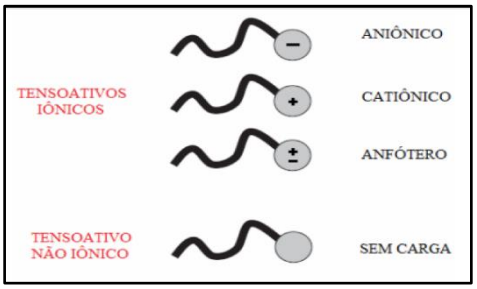


Fonte: Adaptado de ROSSI, 2007.

3.6.1 Classificação dos tensoativos

Vale frisar que para Firmino (2014) a principal característica para classificar um tensoativo está atrelado a sua parte polar. Nesse sentido, Silva (2011) os caracteriza de acordo com a carga da partícula polar e dividem em iônicos, não-iônicos, zwitteriônicos e anfóteros como apresenta a Figura 4. Além disso, os tensoativos podem ser classificados em relação a estrutura molecular (VALE, 2009).

Figura 4 : Classificação dos tensoativo em relação a carga.



Fonte: Adaptado de SILVA, 2012.

3.6.1.1 Tensoativos iônicos

Para Silva (2011) os tensoativos iônicos são os que se dissociam em meio aquoso, na sua parte hidrofílica fica carregada eletricamente, sendo que quando formam íons negativamente carregados são denominados de tensoativos aniônicos. Segundo Daltin (2011) estes são mais utilizados na sociedade, pois são incrementos para produção de sabões e detergentes e possui um baixo custo. Por outro lado, quando os íons estão carregados positivamente recebem o nome de tensoativos catiônicos (SILVA, 2011). São aplicados na fabricação de lubrificantes, agentes antiestáticos, cremes de cabelos, produtos hospitalares, e também são eficientes bactericidas (DALTIN, 2011).

3.6.1.2 Tensoativos não iônicos

Silva (2011) salienta que os tensoativos não iônicos não formam íons em meio aquoso, ou seja, sua cargaelétrica é igual a zero. A solubilidade depende, exclusivamente, dos grupos funcionais presente nas moléculas que possui uma forte interação com a água. Dentre as vantagens, destaca-se por ser compatível, com outros tipos de tensoativos (ROBERTO, 2010). Outra característica específica é que seu pH não sofre variações, o que o torna proveitoso para as indústrias (SILVA, W. 2012).

3.6.1.3 Tensoativos anfóteros e zwitteriônicos

Consonante a Silva, G. (2011) para determinar se são aniônicos ou catiônicos é preciso conhecer o pH do meio, ou seja, aniônicos (pH entre 9 e 10) e catiônicos (pH entre 4 e 9). Segundo Roberto (2010), quando ocorre a mudança de carga devido ao pH (ponto isoelétrico) as propriedades físico-químicas dos tensoativos anfóteros assemelham-se aos tensoativos não iônicos. Essa categoria também pode ser chamada de zwitteriônicos que possuem características semelhantes aos anfóteros, na qual a diferença entre esses grupos ocorre, porque os tensoativos zwitteriônicos apresentam cargas positivas e negativas simultaneamente em condições normais e independente do pH do meio. Seu uso é extremamente expressivo na fabricação de fármacos dermatológicos e no setor de cosméticos.

3.6.1.4 Classificação relacionada a estrutura molecular

Vale (2009) categoriza os tensoativos referente a estrutura molecular como ilustra a Figura 5.

- Monocatenário clássico: Composto somente por uma cadeia hidrocarbonada simples;

-Bicatenário clássico: Composto por duas cadeias hidrocarbonadas ligadas à cabeça polar;

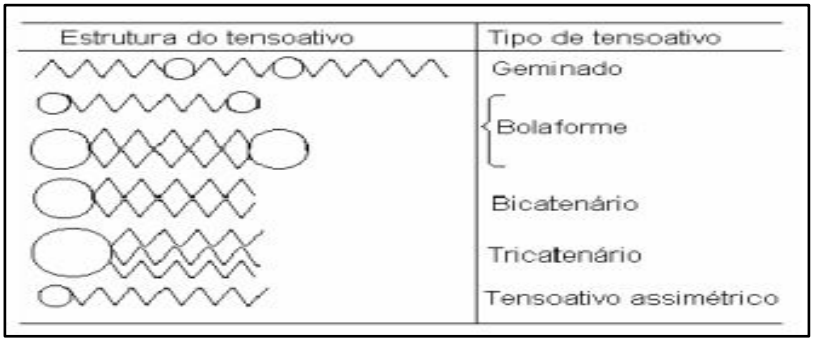
- Tricatenário clássico: Composto por três cadeias hidrocarbonadas ligadas à cabeça polar;

-Geminado: Composto por duas cabeças polares ligadas entre si, cada uma das quais apresentado uma cadeia alquilada;

- Bolaforme: Composto por duas cabeças polares unidas entre si por uma ou duas cadeias hidrocarbonadas;

-Assimétrico: Composto por um ou mais centros de quiralidade em sua cabeça;

Figura 5: Estrutura molecular do tensoativo.



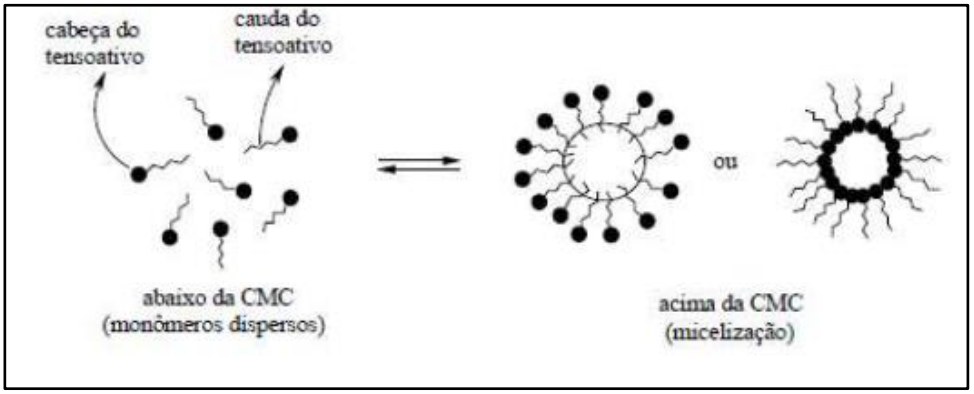
Fonte: VALE, 2009.

3.6.2 Formação de micelas

Segundo a teoria de Ueda (2006), os tensoativos são moléculas anfipáticas, ou seja, possuem comportamento apolar e polar, formando um filme molecular na qual contribui para a diminuição da tensão interfacial e superficial, pois as moléculas polares interagem com o ar rompendo-se as forças de coesão entre elas. Roberto (2010) complementa que quando as moléculas estão em uma solução ficam unidas para a formação de monômeros.

Para Morais (2020), quando há interação das moléculas com ambientes que contenha água e óleo o resultado é a produção de micelas. Melo (2015) acrescenta que quando as interfaces de uma solução estão todas saturadas com as moléculas de tensoativo devido à alta concentração destas no meio. Sendo assim, as moléculas que ficarem no ambiente da solução terão comportamento diferentes das moléculas que não estavam no ambiente, essa característica induz a formação de unidades associadas de tensoativo chamadas de micelas como ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Formação de micelas.



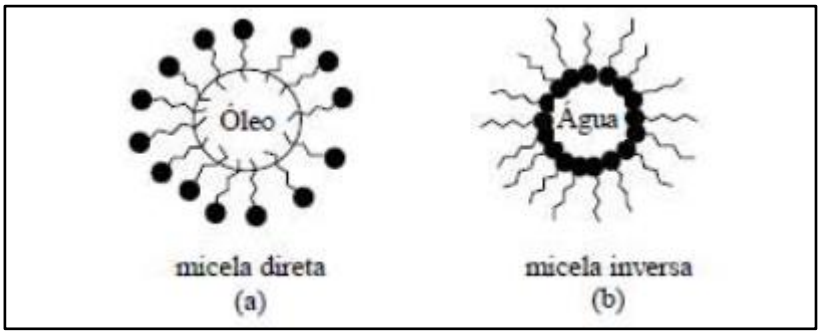
Fonte: Rossi, 2007.

Para Roberto (2010), a concentração micelar crítica (CMC) é aquela que começa o processo de micelização. Nesse contexto, essa propriedade que é intrínseca para cada tensoativo possui uma condição que está associada aos fatores como: Temperatura, impurezas e a natureza do ambiente adentrado (ROBERTO, 2010).

Conforme Rossi (2007) os tensoativos contêm propriedades físico-químicas estáveis para concentrações inferiores a CMC, no entanto há modificação das propriedades quando esse ponto é alcançado.

Silva, G. (2011) afirma que os tensoativos iônicos na parte hidrofóbica da molécula do tensoativo liga-se no interior da micela. Sendo assim, há um mínimo de superfície em contato com a água, ao mesmo tempo em que as bordas polares ficam dirigidas para o meio aquoso, junção essa denominada de micelas diretas. De forma similar ocorre a micela inversa, porém o meio rico desse caso é o óleo. A Figura 7 demonstra os tipos de micelas (ROSSI, 2007).

Figura 7 : Tipos de micelas (a) – direita (b) inversa.



Fonte: Rossi, 2007.

Os agregados de caráter não iônicos atuam de modo peculiar devido não possuírem a parte polar da molécula. A sua principal característica, é o ponto de turbidez à perturbação. Existe uma temperatura específica, na qual a solução do tensoativo torna-se turva, formando duas fases. O ponto de turbidez é a temperatura e concentração crucial para obter a separação.

3.7 ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO

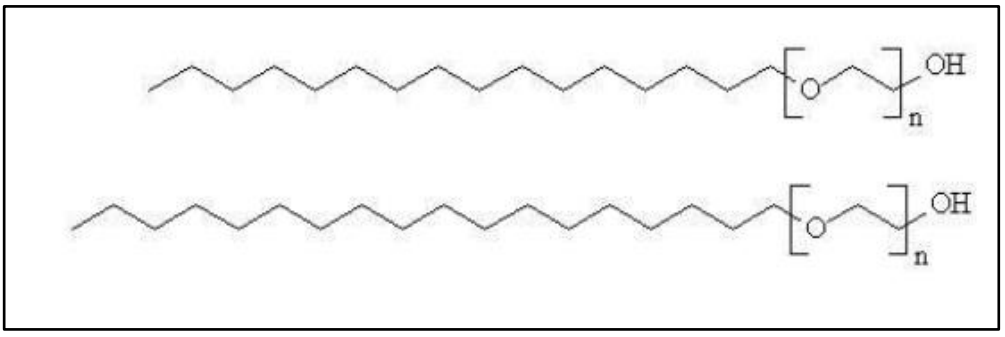
De acordo com o documento técnico do fabricante, o álcool cetoestearílico corresponde a um tensoativo abundantemente empregado com agente emulsionante, comumente utilizado em formulações cosméticas e farmacêuticas, favorecendo lubricidade, consistência, emoliência e estabilidade. É usado também, na produção de cremes, tônicos, géis, shampoos e demais produtos cosméticos. Vale frisar que seu aspecto é sólido.

O catálogo do produto no site da Fragon Brasil detalha assim:

> O álcool cetoestearílico é formado por uma mistura de álcoois alifáticos sólidos constituída principalmente por álcool estearílico $C_{16}H_{16}O$ e etílico $C_{16}H_{34}O$ de origem vegetal. O álcool cetoestearílico é utilizado em cosméticos e preparações farmacêuticas tópicas. Em formulações farmacêuticas tópicas, o álcool cetoestearílico aumentará a viscosidade e atuará como um emulsificante em emulsões de água em óleo e óleo em água. O álcool cetoestearílico estabilizará uma emulsão e também atuará como um coemulsionante, diminuindo assim a quantidade total de surfactante necessária para formar uma emulsão estável. O álcool cetoestearílico é também utilizado na preparação de cremes e bastões não aquosos e em cremes de barbear. Em combinação com outros surfactantes, o álcool cetoestearilico forma emulsões com microestruturas muito complexas. Estas microestruturas podem incluir cristais líquidos, estruturas lamelares e fases de gel.

A Figura 8 mostra a estrutura química do álcool cetoestearílico.

Figura 8: Estrutura química do Álcool Cetoestearílico.

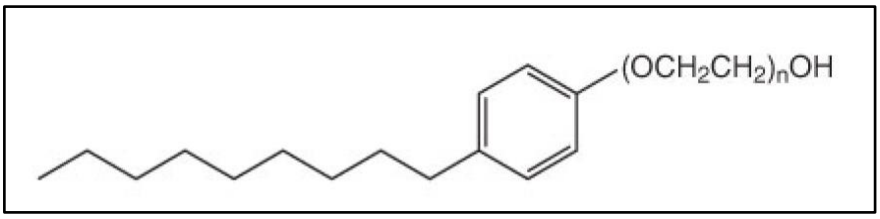


Fonte: COMÉSTICA EM FOCO, 2021.

3.8 RENEX-100 (Oxiteno)

O Renex-100 (Oxiteno) possui descrição química de nonilfenol 10 EO como também aparência líquida (YUMPU,2012), sendo um tensoativo não iônico. Essa substância é utilizada como agente umectante, emulsionante, dispersante e detergente. A Figura 9 ilustra a estrutura química do RENEX -100.

Figura 9: Estrutura química do RENEX-100.



Fonte: DEUS, 2014

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Química Aplicada à Engenharia e Química Geral, na Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Campus Caraúbas, localizada na cidade de Caraúbas, no Estado do Rio Grande do Norte. Inicialmente, foram preparadas as soluções do corante azul de bromofenol para simular os efluentes da indústria têxtil, em seguida as soluções foram levadas a equipamento UV-Visível para coletar os dados para a elaboração da curva de calibração. Após isso, produziu-se as soluções com os tensoativos álcool cetoestearílico e Renex-100. Posteriormente as soluções do corante com os tensoativos foram misturados e colocados na centrífuga. Depois disso, os sobrenadantes foram medidos pelo equipamento UV-Visível coletando os dados. Por fim, analisou-se e quantificou-se os dados de absorbâncias para a comparação de eficiência dos tensoativos.

4.1 MATERIAIS E REAGENTES

A Tabela 1 faz a descrição dos materiais e reagentes utilizados durante a pesquisa.

Tabela 1 : Materiais e reagentes utilizados.

MATERIAL	FABRICANTE
Água destilada	
Álcool absoluto 99,5 %	CIAVICCO
Balança analítica	SHIMADZU AUY220
Béqueres,balões volumétricos,bastão de vidro, conta gotas, espátula laboratorial, pipetas e pipetador	
Centrífuga	QUIMIS, modelo: Centrífuga de tubos
Corante Azul de Bromofenol	Vetec
Tensoativo Álcool Cetoestearílico	JACY
Tensoativo Renex-100	OXITENO
UV-Visível	PG instruments Ltd

Fonte: Autoria própria, 2022.

4.2 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DOS CORANTES

Para definir a curva de calibração, primeiramente, pesa-se 0,1003 g do corante para dissolver em 20 ml de álcool etílico (etanol), agitando-a solução com um bastão de vidro até o corante ficar totalmente dissolvido, em seguida foi transferida a solução para um balão volumétrico de 100 ml, completando o restante do volume com água destilada. Esse método é uma adaptação de Morita e Assumpção (2007). Sendo assim, foi possível obter a concentração da solução através da Equação 1.

$$C = \frac{massa\ do\ soluto}{volume\ da\ solução} = \frac{0{,}1003\ g}{0{,}1\ L} = 1{,}003\ g/L \qquad \text{Eq: 1}$$

Com o intuito de evitar massas muito pequenas, pois poderia gerar um erro muito alto, e respeitar o limite confiável de leitura do equipamento UV-visível (o valor de absorbância no equipamento quando ultrapassa o valor de 2 não há precisão) realizou-se as diluições, que partem da solução inicial determinando assim, as novas concentrações de 10, 15, 20, 25 e 30 mg/L por meio da Equação 2.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \qquad \text{Eq:2}$$

Depois desse processo, todas as soluções do corante foram levadas ao equipamento UV-Visível para serem medidas e analisadas pelo software Origin 8.0. Cabe ressaltar que as absorbâncias das soluções do corante, foram medidas no comprimento de onda máxima de 590 nm do espectro visível como descrito por Santos (2017), após a coleta de dados foi possível obter a curva de calibração para o corante azul de bromofenol.

4.3 DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DOS TENSOATIVOS

O Álcool Cetoestearílico e o Renex-100 são tensoativos não iônicos. Assim, as soluções dos tensoativos foram preparadas com álcool etílico absoluto 99,5%. Inicialmente, pesa-se 1,0036 g do tensoativo Álcool Cetoestearílico, foi dissolvido em 100 ml de álcool etílico absoluto 99,5%. De forma análoga, produziu-se a solução do tensoativo Renex-100 com a massa de 1,0050 g diluído em 100 ml de álcool etílico absoluto 99,5%. Dessa maneira, foram obtidas, respectivamente, as concentrações de 10,036 g/L e 10,050 g/L.

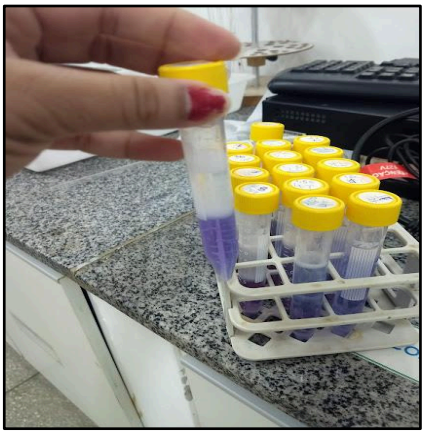
Nesse sentido, utilizando as soluções estoque dos tensoativos como referência, gerou-se três outras concentrações de 1, 4 e 8 g/L. As concentrações aplicadas são similares ao trabalho de Morais (2011), e foram obtidas através da Equação 2.

4.4 REMOÇÃO DO CORANTE PELOS TENSOATIVOS

Para efetuar a remoção do corante dos efluentes, foram preparadas as soluções do corante e dos tensoativos mencionados anteriormente. Em um tubo de ensaio adicionou-se 5 ml da concentração de 10 mg/L do corante, com a concentração de 1 g/L do tensoativo Renex -100. Esse procedimento foi repetido para cada concentração do corante e para as concentrações dos tensoativos Renex- 100 e álcool cetoestearílico como apresentam as Figura 10 e Figura 11.

Depois que todos os tubos de ensaios foram preenchidos com o corante e os tensoativos, foram agitados e imediatamente seguiram para à centrífuga para uma melhor separação. Vale frisar que os tubos de ensaios que continham o corante mais o tensoativo álcool cetoestearílico rotacionaram à 3400 rpm permanecendo na centrífuga por 60 min, pois foi o tempo necessário para a separação em duas fases do sobrenadante. Já, os tubos de ensaios contendo o corante mais o tensoativo Renex-100 permaneceu por 30 min.

Figura 10: Tubos de ensaios com o corante azul de bromofenol mais o tensoativo álcool cetoestearílico antes da centrífuga.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 11: Tubos de ensaios com o corante azul de bromofenol mais o tensoativo Renex - 100 antes da centrífuga.

Fonte: Autoria própria, 2022.

4.5 QUANTIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Após os tubos de ensaios serem retirados da centrífuga, foram levados para a coleta das absorbâncias no equipamento UV-Visível. Em seguida, converteu-se os valores de absorbâncias em termos de concentração pela equação 3, que o “abs” corresponde a absorbância, o “a” o coeficiente linear e o “b” o coeficiente angular como apresentado matematicamente.

$$C = \frac{abs - a}{b} \qquad \text{Eq:3}$$

Dessa forma, depois de estimar os valores das concentrações, calculou-se a concentração de remoção do corante representa pela equação 4, na qual o Cr indica a concentração de remoção, ou seja, a remoção sofrida pelo corante em termos de concentração, Ci corresponde a concentração inicial e Cf é a concentração final.

$$Cr = Ci - Cf \qquad \text{Eq:4}$$

Em sequência, determinou-se a remoção do corante em termos de percentagem por meio da equação 5, destaca-se que o Ci é a concentração inicial e Cr é a concentração de remoção. Após isso, confrontou-se os dados entre os dois tensoativos.

$$R = \frac{Cr}{Ci} x\ 100 \qquad \text{Eq:5}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL

Nessa seção serão apresentados os dados obtidos para realizar a curva de calibração.

A Tabela 2 mostra as concentrações teóricas que foram determinadas pela equação 2, os valores das absorbâncias das soluções do corante azul de bromofenol que foram medidos pelo equipamento uv-visível, e as concentrações experimentais, ou seja, o valor real da concentração do corante após o tratamento dos dados.

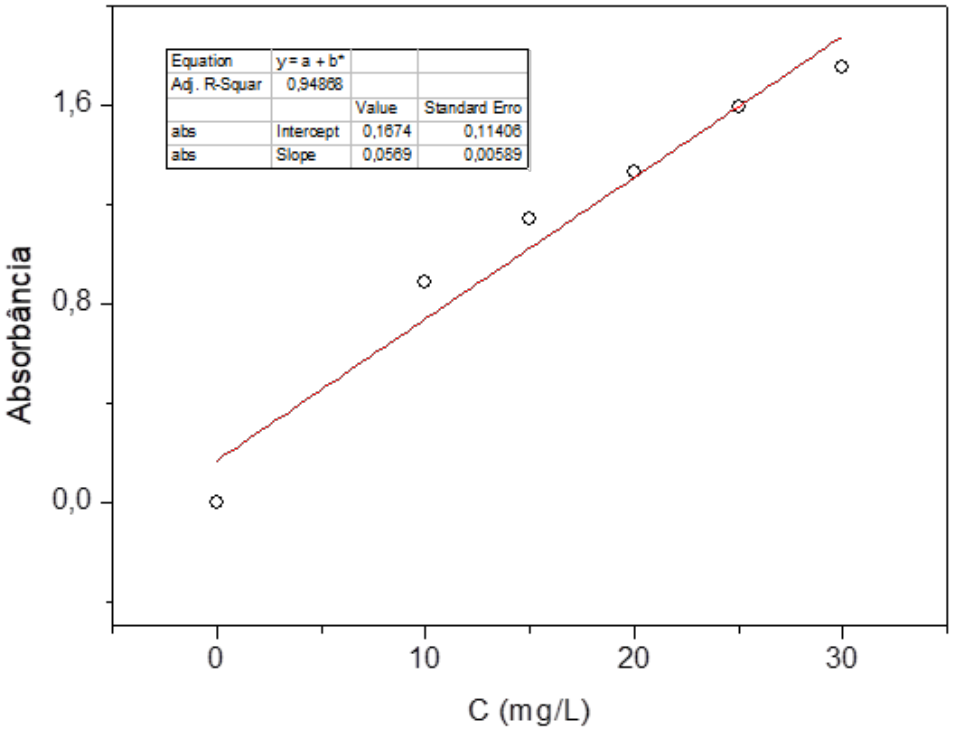
Tabela 2 : Tabela das concentrações e absorbâncias das soluções do corante azul de bromofenol.

Concentração (mg/L)	Absorbância	Concentração experimental (mg/L)
0	0	0
10	0,886	12,6291
15	1,141	17,1107
20	1,331	20,4499
25	1,59	25,0018
30	1,75	27,8137

Fonte: Autoria própria, 2022.

A curva de calibração foi esboçada por meio do software Origin 8.0, plotando-se os valores das absorbâncias em função das concentrações como exibe a Figura 12. Dessa forma, para melhor estimar os dados coletados aplicou-se o ajuste linear, que teve a função de aproximar a um valor esperado, obtivendo o R^2=0,94868, a=0,1674 e b= 0,0569 por meio da equação da reta y= a + bx, “a” é o coeficiente linear, “b” coeficiente angular e R-quadrado que indica o quão próximo os dados estão da linha ajustada, quanto mais próximo de 1, melhor está essa aproximação.

Figura 12 : Curva de calibração do corante azul de bromofenol.



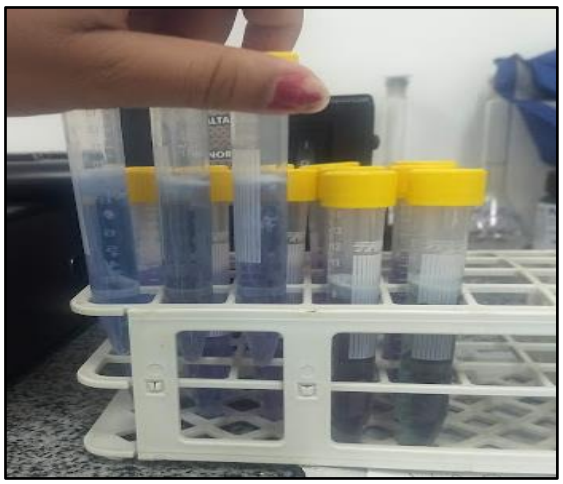
Fonte: Autoria própria, 2022.

5.2 REMOÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL PELO TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO

Nesse tópico será abordado todo o processo de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico.

A Figura 13 mostra os tubos de ensaios com o corante e o tensoativo álcool cetoestearílico após a centrífuga.

Figura 13 : Sobrenadante do tensoativo álcool cetoestearílico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 3 apresenta os valores das absorbâncias que foram medidos no equipamento UV-Visível, para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L do tensoativo álcool cetoestearílico.

Tabela 3 : Absorbâncias obtidas para o azul de bromofenol, a diferentes concentrações do tensoativo Álcool Cetoestearílico, 8, 4 e 1 g/L.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	Absorbância (8 g/L)	Absorbância (4 g/L)	Absorbância (1 g/L)
0	0	0	0
10	0,075	0,321	0,426
15	0,38	0,584	0,579
20	0,435	0,734	0,767
25	0,677	0,773	0,907
30	0,238	0,935	1,03

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 4 mostra as concentrações finais das soluções do corante após a aplicação do tensoativo álcool cetoestearílico, que foram obtidas através da equação 4, vale mencionar que o resultado foi negativo, adotou-se a concentração igual a zero, pois não existe concentração negativa.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Tabela 4: Concentrações finais do corante azul de bromofenol, após aplicação do tensoativo álcool cetoestearílico.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	4 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	1 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico
0	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,0000	2,6995	4,5448
15	3,7364	7,3216	7,2337
20	4,7030	9,9578	10,5378
25	8,9561	10,6432	12,9982
30	1,2408	13,4903	15,1599

Diante disso, a Tabela 5 apresenta as concentrações de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico, obtidas através da equação 4, vale destacar que foram utilizadas as concentrações experimentais para obtenção dos resultados.

Tabela 5 : Concentração de remoção do azul de bromofenol pelo tensoativo álcool cetoestearílico.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	4 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	1 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico
0	0,0000	0,0000	0,0000
10	12,6291	9,9296	8,0843
15	13,3743	9,7891	9,8770
20	15,7469	10,4921	9,9121
25	16,0457	14,3586	12,0036
30	26,5729	14,3234	12,6538

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 6 exibe os valores de remoção do tensoativo Álcool Cetoestearílico em termo de percentagem, que foram calculados pela equação 5.

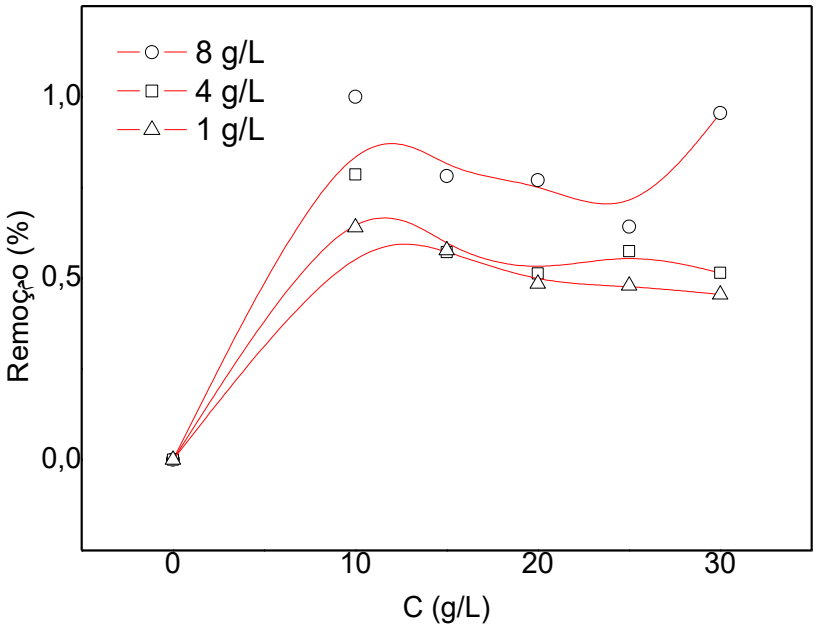
Tabela 6: Tabela de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico em termo de percentagem.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	4 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico	1 g/L Tensoativo Álcool Cetoestearílico
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %
10	100,00 %	78,62 %	64,01 %
15	78,16 %	57,21 %	57,72 %
20	77,00 %	51,31 %	48,47 %
25	64,18 %	57,43 %	48,01 %
30	95,54 %	51,50 %	45,49 %

A Figura 14 apresenta o gráfico de remoção em termo percentual do corante azul de bromofenol pelo tensoativo álcool cetoestearílico nas concentrações de 8, 4 e 1 g/L.

Figura 14: Gráfico de percentagem de remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Por meio da observação da Tabela 6 e o gráfico da Figura 14 fica evidente que para o corante azul de bromofenol o tensoativo Álcool Cetoestearílico é mais eficiente na concentração mais alta de 8 g/L. Esse comportamento ocorreu devido a CMC do tensoativo Unitol-L90, tensoativo álcool acetilado, ser de $0{,}0057\ x10^{-3}$ mol/L descrito no trabalho de Silva, G. (2011), assim quanto mais concentrado o tensoativo maior a quantidade de micelas formadas, consequentemente uma maior remoção. Por outro lado, nas concentrações de 4 e 1 g/L do tensoativo as maiores remoções ocorre para menor concentração de corante, ou seja, para 10 mg/L.

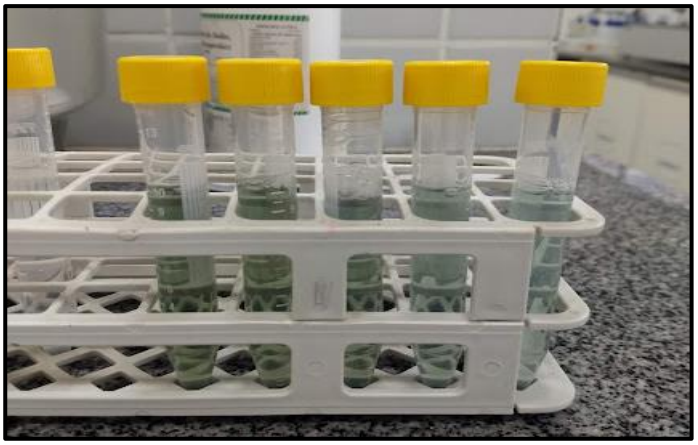
5.3 DEGRADAÇÃO DO AZUL DE BROMOFENOL PELO TENSOATIVO RENEX-100

Nessa seção será descrito o procedimento de degradação do corante pelo tensoativo Renex-100.

A Figura 15 mostra os tubos com o corante e o tensoativo após a centrifugação. Os sobrenadantes apresentaram mudança de cor, entretanto não formou mudança de fase, sendo assim fica subentendido que acontece uma degradação.

Figura 15: Degradação do corante pelo tensoativo Renex - 100.

.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Depois da medição da absorbância do sobrenadante, no UV-Visível, apurou-se os dados que estão na Tabela 7 com as concentrações 8, 4,1 g/L, respectivamente.

Tabela 7: Absorbâncias obtidas para o corante azul de bromofenol, para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L do tensoativo Renex – 100.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	Absorbância (8 g/L)	Absorbância (4 g/L)	Absorbância (1 g/L)
0	0	0	0
10	0,238	0,171	0,141
15	0,35	0,23	0,362
20	0,422	0,329	0,594
25	0,489	0,378	0,578
30	0,586	0,427	0,79

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 8 mostra as concentrações finas do corante após a degradação do tensoativo Renex – 100, de forma análoga do item 5.2 e a equação 3.

Tabela 8 : Concentrações finais do corante azul de bromofenol após a degradação do tensoativo Renex -100.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Renex -100	4 g/L Tensoativo Renex -100	1 g/L Tensoativo Renex -100
0	0,0000	0,0000	0,0000
10	1,2408	0,0633	0,0000
15	3,2091	1,1002	3,4200
20	4,4745	2,8401	7,4974
25	5,6520	3,7012	7,2162
30	7,3568	4,5624	10,9420

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 9 exibe as concentrações de degradação pelo tensoativo Renex-100 o processo foi similar o item 5.2 utilizando a fórmula equação 4.

Tabela 9: Concentrações de degradação do corante azul de bromofenol pelo tensoativo Renex- 100.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Renex -100	4 g/L Tensoativo Renex -100	1 g/L Tensoativo Renex -100
0	0,0000	0,0000	0,0000
10	11,3883	12,5658	12,6291
15	13,9016	16,0105	13,6907
20	15,9754	17,6098	12,9525
25	19,3498	21,3006	17,7856
30	20,4569	23,2513	16,8717

Fonte: Autoria própria, 2022.

Homólogo a tópico 5.2 e a equação 5 a Tabela 10 expõe as percentagens de degradação do tensoativo Renex-100.

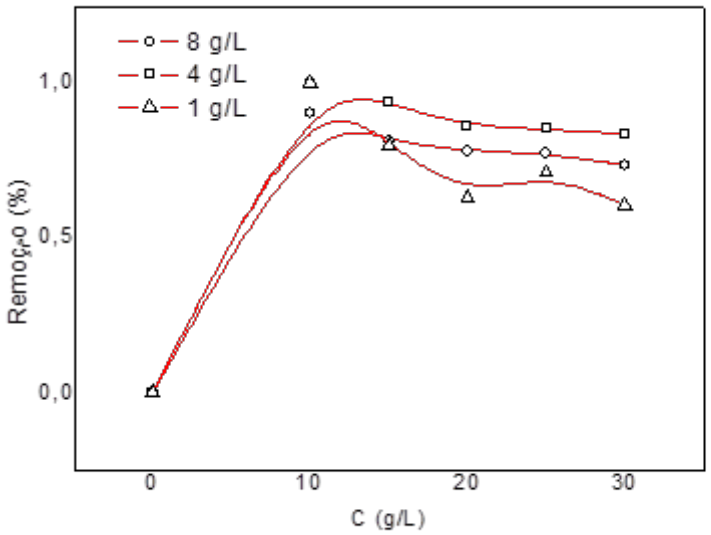
Tabela 10: Percentagem de degradação do corante azul de bromofenol pelo tensoativo Renex - 100.

Concentração do corante azul de bromofenol (mg/L)	8 g/L Tensoativo Renex -100	4 g/L Tensoativo Renex -100	1 g/L Tensoativo Renex -100
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %
10	90,18 %	99,50 %	100,00 %
15	81,24 %	93,57 %	80,01 %
20	78,12 %	86,11 %	63,34 %
25	77,39 %	85,20 %	71,14 %
30	73,55 %	83,60 %	60,66 %

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Figura 16 mostra o gráfico em termos percentuais de degradação do corante azul de bromofenol pelo tensoativo Renex - 100.

Figura 16: Percentagem de degradação do corante pelo tensoativo Renex - 100.



Fonte: Autoria própria, 2022.

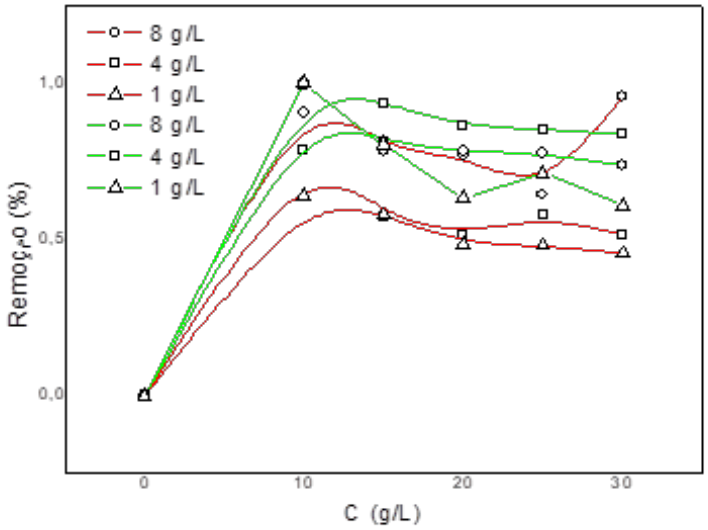
Analisando-se o gráfico da figura 16, a maior remoção ocorre na concentração de 1 g/L de tensoativo Renex-100 para as menores concentrações do corante isso ocorre devido a sua CMC está entre $1{,}3\,x10^{-3}$ *e* $1{,}3\,x10^{-6}$ mol/L como descreveu Campos et al. (2012), permitindo ainda a degradação eficaz para as concentrações de 4 e 8 g/L, pois varia a quantidade de micelas formadas no composto.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE O TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESREARÍLICO E TENSOATIVO RENEX 100.

Primeiramente, verificou-se que a remoção a olho nu é notória para o tensoativo Renex-100 e que o tempo necessário para melhor flotação é menor entorno de 30 min, já o tensoativo Álcool Cetoestearílico a remoção só foi percebida após o uso na centrífuga no dobro de tempo sendo 60 min.

A Figura 17 apresenta os comportamentos dos gráficos, na qual a linha verde representa o tensoativo Renex –100 e a linha vermelha indica o tensoativo álcool cetoestearílico.

Figura 17 : Gráfico de comparação entre os tensoativos.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O gráfico da Figura 17 mostra que o comportamento do tensoativo álcool cetoestearílico na concentração de 8 g/L é semelhante ao comportamento do tensoativo Renex-100 na concentração de 1 g/L, isso acontece porque no álcool cetoestearílico quanto mais concentrado o tensoativo mais remove o corante, processo que ocorre de forma inversa no tensoativo Renex- 100. Esses comportamentos estão atrelados aos valores da CMC para cada tensoativo. Além disso, fica notório no gráfico que os percentuais para o tensoativo Renex- 100 são superiores os percentuais de concentração de 4 e 1 g/L para o tensoativo álcool cetoestearílico.

6 CONCLUSÕES

- Para a concentração de 1 g/L o tensoativo Renex-100 tem maior eficiência de remoção;
- Para a concentração de 4 g/L o tensoativo Renex- 100 tem maior eficiência de remoção;
- Para a concentração de 8 g/L o tensoativo Álcool Cetoestearílico tem maior eficiência de remoção.
- O tensoativo Renex-100 é mais eficiente para a remoção do que o tensoativo Álcool Cetoestearílico.
- O tensoativo Álcool Cetoestearílico possui melhor eficiência de remoção quando suas concentrações são mais altas e as concentrações do corante mais baixa.
- O tensoativo Álcool Cetoestearílico possui melhor eficiência de remoção quando suas concentrações são mais baixas e as concentrações do corante mais baixa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCAM. Bromophenol blue. Disponível em: https://www.abcam.com/bromophenol-blue-tracking-dye-ab146339.html. Acesso em: 28 mai.2022.

ABIT - Associação Brasileira da Industria Têxtil e de Confecção 2022. **Perfil do Setor**. Disponível em: https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor. Acesso em 28 fev.2022.

ABREU, C. S. A.; SILVA, J. C. L.; OLIVEIRA B. C.; HOLANDA, F. L. Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina. **Gestão de Produção**, v. 15, n. 1, p. 159-172, 2008.

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.

ARAÚJO, Maria Eduarda Machado de. Corantes naturais para têxteis - da Antiguidade aos tempos modernos. **Conservar Património**, Lisboa, v. 3-4, p. 39-51, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.14568/cp3-4_4. Acesso em: 24 fev. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução do CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646. Acesso em: 24 mai. 2022.

BRASIL. planalto. **casa civil,** 1981. Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 24 de mai. de 2022.

BURKINSHAW, S.; SALIHU, G**. The wash-off of dyeing using interstitial water Part 4: disperse and reactive dye on polyester/cotton fabric. Dyes and Pigments**, v. 99, p. 548-560, 2013.

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.

CAVALCANTI, André Marques. SANTOS, Gilson Ferreira dos. A indústria têxtil no Brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. **Exacta**. 2021. DOI: https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17784. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

CAMPOS, Daniella Dias Palombino de et al. Avaliação por SAXS e DSC das empresas entre H2O e Renex-100. **Química Nova**, v. 35, p. 355-359, 2012.

COSMÉTICA EM FOCO. Ceteareth-20. 2021. Disponível em:
DALTIN, D. **Tensoativos:** Química, Propriedades e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2011.

DEUS, Carlos Augusto Bezerra de. **Estudo da influência da fase óleo, da fase aquosa e da razão cotensoativo/tensoativo (c/t) nos diagramas pseudo-ternários**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia,

Departamento de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2014.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ). Azul de Bromofenol acs ph. Europeia. São Paulo,15 abr. 2015.

FIRMINO, Priscilla Cibelle Oliveira de Souza**. ESTUDO DO TENSOATIVO C16TAB E A VIABILIDADE DE SUA APLICAÇÃO NA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO**. 2014. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/monografias_de_graduacao/monografias/priscillafirmino.pdf. Acesso em 25 mai.2022.

FREITAS, Kátia Regina de. **CARACTERIZAÇÃO E REUSO DE EFLUENTES DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DA INDÚSTRIA TÊXTIL**. UFSC. Florianópolis, p. 162. 2002.

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.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 01, p. 71-78, 2000.

HAMESSER, M. E. N. **Tratamento de efluente têxtil – processo físico-químico com ozônio e floculação em meio granular**. 2000. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

HASSEMER, MARIA ELIZA NAGEL; SENS, MAURÍCIO LUIZ. Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. **Revista Engenharia sanitária e ambiental**, v. 7, n. 1, p. 30-36, 2002.

COSMÉTICA EM FOCO. https://cosmeticaemfoco.com.br/materias-primas/ceteareth-20/. Acesso em: 27 mai. 2022.

HUNTER, R J. **Introducion to Modern Colloid Science**. New York: Oxford University Press,1992.

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://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/774-texto_do_artigo-1896-1-10-20090625.pdf. Acesso em 20 mai.2022.

KUNZ, Airton. PERALTA-ZAMORA, Patrício. MORAES, Sandra Gomes de. DÚRAN,Nelson. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

LIMA, Laricia Nogueira de. **Remoção do corante solophenyl preto utilizando floculação iônica**. 2018. 26 f. Monografia (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros/RN, 2017.2.

MELO, R**. Remoção de corantes utilizando tensoativos: extração por ponto de nuvem e floculação iônica**. UFRN. Natal, p. 186. 2015.

MORAIS, Ellysson Jackson Fernandes. **Estudo do uso do tensoativo álcool cetoestearílico para remoção de corante em efluentes têxteis.** 2021.45f. Monografia (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas/RN, 2021.

MORITA, Tokio; ASSUMPÇÃO, Rosely Maria Viegas. **Manual de Soluções, Reagentes e Solventes: Padronização, preparação, purificação, indicadores de segurança e descarte de produtos químicos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 754 p.

MOURA, Rowander Alexandre**. O estudo de adsorção dos corantes azul royal tiafix e preto tiassolan utilizando o carvão de osso como adsorvente**. 2016. PublishedVersion — Universidade Federal de Goiás, [s. l.], 2016. Disponível em: http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5766. Acesso em: 22 maio 2022.

MOUTINHO, Wilson Teixeira. Cola da web. **Revolução Industrial e a Questão Ambiental**.2022. Disponível em: https://www.coladaweb.com/biologia/ecologia/a-revolucao-industrial-e-a-poluicao. Acesso em 04.mar.2022.

Queiroz, M. T. A., Queiroz, C. A., Alvim, L. B., Sabará, M. G., Leão, M. M. D., & Amorim, C. C. (2019). Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos**. Gestão & Produção**, 26(1), 1149. https://doi.org/10.1590/0104-530X1149-19.

REIS, Marcos Aurélio dos. JESUS, Eleonora Henriques Amorim de. Análise da eficiência do processo de tratamento de corantes pelo método de oxidação anódica. **Caminhos de geografia**, [s. L.], v. 20, n. 70, p. 292–310, 2019. Doi: 10.14393/rcg207042971. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/42971.

ROBERTO, Erileide Cavalcanti. **Caracterização e aplicação de sistemas micelares microemulsionados como inibidores de corrosão**. 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

ROSSI, Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira. **Inibição a corrosão do aço AISI1020, em meio ácido e salino, por tensoativos e substancias nitrogenadas microemulsionadas.** 2007. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SANTOS, Filipe Mateus Cabral. **Indicadores ácido-base: uma alternativa para o ensino de sistemas π conjugados em química orgânica**. 2017. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2011.Acesso em: 24 fev. 2022.

SILVA, Guymmann Clay da. **Sistema microemulsionado: caracterização e aplicação na indústria do petróleo**. 2011. 155 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, 2011.

SILVA, Simone Custódio da. Tratamento químico e biológico de efluentes da indústria têxtil como forma de redução do impacto ambiental aos recursos hídricos: **estudo de caso: Mar Indústria Têxtil e Tinturaria Ltda**. 2011.

SILVA, W**. Estudo dos parâmetros da extração de fenol de efluentes aquosos por um tensoativo não iônico**. UFRN. Natal, p. 150. 2012.

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.

UEDA, Ana Cláudia. **Aplicação de Micelas Reversas na Remoção de Corantes Têxteis Catiônicos**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 2006**.**

VALE, Túlio Ytérbio Fernandes. **DESENVOLVIMENTO DE TENSOATIVOS E SISTEMAS MICROEMULSIONADOS PARA A RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO.** 2009. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

VAZ, Gláucia Carla da Silva. **Estudo sobre o fenômeno de adsorção do corante negro de eriocromo t sobre quitosana**. 2014. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química Industrial, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

YUMPU. Disponível em:https://www.yumpu.com/pt/document/read/29884783/ultranexar-alquilfenol-etoxilado-oxiteno. Acesso em 27 mai.2022.