



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-
ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ELLYSSON JACKSON FERNANDES MORAIS

**ESTUDO DO USO DO TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO PARA
REMOÇÃO DE CORANTE EM EFLUENTES TÊXTEIS.**

CARAÚBAS-RN
2021

ELLYSSON JACKSON FERNANDES MORAIS

**ESTUDO DO USO DO TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO PARA
REMOÇÃO DE CORANTE EM EFLUENTES TÊXTEIS.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido (UFERSA),
como exigência final para obtenção
do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Guymmann
Clay da Silva – UFERSA

ESTUDO DO USO DO TENSOATIVO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO PARA REMOÇÃO DE CORANTE EM EFLUENTES TÊXTEIS.

Trabalho de conclusão do curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido –UFERSA,
Campus Caraúbas como parte dos
requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 01/06/2021

BANCA EXAMINADORA

GUYMMANN CLAY DA
SILVA:01284121437



Prof.^a Dra. Guymmann Clay da Silva - UFERSA
Orientadora

Prof.^o Dr. Marcelo Batista de Queiroz - UFERSA
Membro

Prof.^a Dra. Edna Lúcia da Rocha Linhares - UFERSA
Membro

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M832e Morais, Ellysson Jackson Fernandes .
 Estudo do uso do tensoativo álcool
 cetoestearílico para remoção de corante em
 efluentes têxteis. / Ellysson Jackson Fernandes
 Morais. - 2021.
 45 f. : il.

 Orientadora: Guymmann Clay da Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2021.

 1. remoção. 2. contaminação híbrida. 3.
 contaminação química. 4. tratamento. 5. tensoativo
 . I. Silva, Guymmann Clay da , orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico a todos que acreditaram e de alguma forma me incentivaram e ajudaram na conclusão desse trabalho.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, por ele ter me permitido passar todo esse período difícil pandemia, por ter me dado o dom da vida e a capacidade de realizar todos os meus projetos.

Aos meus pais, o senhor Francisco Edivaldo de Moraes e a senhora Roselia Fernandes da Costa Moraes, por todo o amor, carinho, educação que os mesmos me deram. E pelo exemplo de luta e dedicação que eles são para mim. E por sempre me incentivarem a não desistir nos momentos de pouca fé.

Aos meus Irmãos Tuanny e Eliesmar, por sempre estarem ao meu lado me motivando.

Aos meus familiares por terem me apoiado nessa escolha e por acreditarem que eu era capaz.

A minha namorada, Maria Eduarda por sempre está presente ao meu lado, me incentivando a lutar pelos sonhos. E por todo amor e carinho dedicado à minha pessoa e pelas suas palavras que sempre me fizeram acreditar que eu iria conseguir.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Guymmann Clay Silva, pela amizade, pelo conhecimento que me repassaste tanto no semestre de aulas da matéria química aplicada a engenharia quanto durante a orientação da elaboração desse projeto. Agradeço também por não ter feito questão de me orientar mesmo tendo pouco tempo para fazer o trabalho, e sempre com suas palavras de incentivo fazendo com que eu acreditasse que iria conseguir.

A todos meus colegas que fizeram parte da minha jornada neste curso na UFERSA, em especial Daniel, Lucas, Matheus Thomas, Matheus Praxedes, Picasso e Souza. Onde mesmo por alguns imprevistos tivemos que nos afastaram, mas sempre nunca deixaram de me apoiar.

A todos os meus amigos que não fazem parte da UFERSA, mas que foram fundamentais tanto nos momentos de descontração como também nos momentos de dificuldades

A todos professores em que me acompanharam durante essa graduação, onde os mesmos sempre me incentivaram a busca de novos conhecimentos, de pesquisas, e por todos terem contribuído para que eu pudesse chegar ao fim dessa graduação.

RESUMO

A água é, sem dúvidas, o insumo mais precioso para a vida no homem na terra e tratar desse bem é um dever e um objetivo de todos. O avanço e crescimento das indústrias e da população tornam esse problema ainda mais perigoso. O crescimento da indústria têxtil assim como em todos os outros ramos industriais agrava ainda mais essa problemática. O uso de corantes durante o processo de produção de produtos têxteis gera efluentes com grande carga de poluentes, com isso a necessidade de realizar a remoção desses corantes de maneira eficiente e segura. Dito isto, o objetivo deste trabalho é a análise da remoção do corante azul de metileno nos efluentes das indústrias têxteis utilizando o tensoativo álcool cetosteárilico. A metodologia utilizada foi a utilização de uma curva de calibração do azul de metileno, para verificar a quantidade de corante que o tensoativo consegue remover. Os resultados mostram que a baixas concentrações de tensoativo há uma melhor remoção do corante. Após as análises concluiu-se que o tensoativo estudado comportou-se de maneira satisfatória, sendo a concentração de 1g/L a que melhor se comportou, causando a redução de até 52% no valor de absorbância. Em valores de concentração o valor de redução de corante chegou em até 7,743 mg/L equivalente a 55% do valor total.

Palavras – chave: remoção, contaminação química, contaminação híbrida, poluição, tratamento.

ABSTRACT

Water is undoubtedly the most precious input for human life on Earth and treating that is everyone's duty and goal. The advance and growth of industries and population make this problem even more dangerous. The growth of the textile industry as well as in all other industrial sectors further aggravates this problem. The use of dyes during the production process of textile products generates effluents with a large load of pollutants, thus the need to carry out the removal of these dyes in an efficient and safe manner. That said, the objective of this work is an analysis of the removal of the methylene blue dye in the effluents of the textile industries using a surfactante. The methodology used was the use of a methylene blue calibration curve, to verify the amount of dye that the surfactant can remove. The results show that at low concentrations of surfactant there is a better removal of the dye. After the analysis it was concluded that the studied surfactant behaved satisfactorily, with the concentration of 1g / L being the best, causing a reduction of up to 52% in the absorbance value. In concentration values, the dye reduction value reached up to 7,743 mg / L equivalent to 55% of the total value.

“Sucesso é encontrar aquilo que se
tenciona ser e depois fazer o que é
necessário para isso.”
(Epicteto)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do tensoativo.....	18
Figura 2: Comportamento dos tensoativos em mistura de água e óleo	18
Figura 3: Classificação dos tensoativos	19
Figura 4: Exemplos de estruturas de tensoativos aniônicos	20
Figura 5: Estruturas alguns tensoativos catiônicos	21
Figura 6: Classificação pela estrutura química.....	23
Figura 7: Estrutura micelar	24
Figura 8: Variação das propriedades físico-químicas da solução em função da concentração de tensoativo.....	25
Figura 9: ponto de turbidez.....	25
Figura 10: Estrutura do álcool cetoestearílico	26
Figura 11: Poluição causada por indústria têxtil na Índia	16
Figura 12: Estrutura química do azul de metileno hidratado	28
Figura 13: Soluções do corante azul de metileno em diferentes concentrações	29
Figura 14: Curva de calibração do corante azul de metileno	31
Figura 15: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 8 g/L.....	32
Figura 16: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 4 g/L.....	32
Figura 17: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 1 g/L.....	33
Figura 18: Absorbância das concentrações de corante para as três diferentes concentrações de tensoativos.....	35
Figura 19: Micela inversa contendo a azul de metileno no seu centro.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valor das absorvâncias das soluções do corante azul de metileno.	30
Tabela 2: Absorvâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 8 g/L.....	33
Tabela 3: Absorvâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 4 g/L.....	34
Tabela 4: Absorvâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 1 g/L.....	34
Tabela 5: Valores das concentrações, em mg/L, após a remoção feita pelo tensoativo a 8, 4 e 1 g/L.	36
Tabela 6: remoção da concentração de corante pelo o tensoativo.	36
Tabela 7: Porcentagem de redução de absorvância para as três concentrações de tensoativos.	37

SUMÁRIO

1.	introdução.....	12
2.	Referencial teórico	14
2.1.	Lei do CONAMA.....	14
2.2.	A indústria têxtil	14
2.2.1.	Problemas socioambientais da indústria têxtil.....	15
2.2.2.	Tratamento de efluentes da indústria têxtil	16
2.2.2.1.	Tratamento de efluentes por meio de tensoativos	17
2.3.	Tensoativos	17
2.3.1.	Classificação dos tensoativos	18
2.3.1.1.	Tensoativos aniônicos.....	19
2.3.1.2.	Tensoativos catiônicos.....	20
2.3.1.3.	Tensoativos anfóteros.....	21
2.3.1.4.	Tensoativos não iônicos.....	22
2.3.1.5.	Classificação em relação a estrutura química.....	22
2.3.2.	Formação de micelas.....	23
2.4.	Álcool Cetoestearílico.....	26
3.	materiais e métodos	27
3.2.	Materiais utilizados.....	27
3.3.	Determinação da curva de calibração dos corantes.....	28
3.4.	A escolha da concentração do tensoativo	29
3.5.	Remoção do corante por tensoativo.....	29
4.	resultados e discussões	30
4.1.	Determinação da curva de calibração dos corantes.....	30
4.2.	Remoção de corante por tensoativo.....	31
5.	Conclusões.....	39
	Bibliografia	40

1. INTRODUÇÃO

Apesar da Organização das Nações Unidas (ONU) declarar em assembleia geral no ano de 2010 que possuir acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano essencial, a falta de água no mundo é um dos principais problemas da humanidade. As principais causas para o agravamento desse problema são a falta de saneamento básico na maioria das cidades; a descarga de dejetos industriais sem devido tratamento e a contaminação por produtos químicos proveniente da agricultura (GOBBI, 2015).

Com a chegada da globalização as indústrias do mundo passaram a concorrer e atuar em vários lugares do mundo, como consequência disso, aconteceu um aumento na produção de todos os ramos industriais. A indústria têxtil assim como todas as outras passou por grandes aumentos de produção. Aliada ao aumento de produção os problemas gerados por essa indústrias cresceram proporcionalmente (FREITAS, 2002).

Os maiores problemas ambientais gerados pela indústria têxtil estão relacionados ao uso de água no seu processo de produção, sendo esse recurso o mais utilizado. As etapas de tingimento, limpeza e outras, utilizam uma grande quantidade de água tornando a mesma inutilizável após o processo, por isso a necessidade do tratamento dos efluentes (ABREU, FILHO, *et al.*, 2008).

De forma a diminuir os problemas da falta de água, medidas que buscam aliviar esse problema estão sendo elaboradas a cada dia. O uso racional da água é um dever que deve ser seguido por todos. O uso racional da água se dá por meio da instalação de componentes economizadores e monitoramento dos sistemas de abastecimento. Medidas de reuso e tratamento de efluentes nas indústrias seguem como metas básicas para resolver esse problema (NARDINI CARLI, DE CONTO, *et al.*, 2013).

Segundo (SILVA, 2015) Os contaminantes presentes nos efluentes industriais são os mais diversos possíveis: corantes, sólidos suspensos, metais pesados, matéria orgânica, nutrientes, nitratos, taninos, ligninas, princípios ativos, dentre outros.

Na indústria têxtil o problema causado pelo descarte de efluentes também está muito presente. Em geral, estima-se que aproximadamente 20% da carga de corantes é perdida nos resíduos de tingimento, o que representa um dos

grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil. Na região nordeste, devido a escassez de água, esse problema se torna ainda mais grave (ABREU, FILHO, *et al.*, 2008).

Com todos os problemas mencionados, o estudo do uso de tensoativos no processo de tratamento dos efluentes se torna bastante pertinente. Devidos suas características químicas, os tensoativos são bastante utilizados em outros ramos industriais como na indústria petrolífera e na indústria de produtos químicos como sabões e outros (MANIASSO, 2001).

A busca pelo tratamento de efluentes contendo corantes vem sendo realizada a cada dia. A utilização de tensoativo para realizar essa função pode ser feita de duas formas: por ponto de nuvem ou por floculação iônica. Esses processos são realizados por meio dos pontos de Kraft (temperatura na qual a solubilidade do tensoativo aumenta fortemente). E o ponto de nuvem (temperatura em que tensoativo não iônico tem sua finalidade com a água reduzida.) (MELO, 2015).

O presente trabalho tem como objetivo remover corante de efluentes têxteis utilizando o tensoativo álcool cetoestearílico etoxilado; definir a concentração ideal de tensoativo; determinar a curva de calibração do corante com concentrações de 0, 6, 8, 10, 12, 14 mg/L; remover o corante Azul de Metileno do efluente têxtil utilizando o tensoativo álcool cetoestearílico etoxilado a diferentes concentrações, 1, 4 e 8 g/L; determinar a percentagem de remoção do tensoativo álcool cetoestearílico etoxilado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Lei do CONAMA

A lei do conselho nacional do meio ambiente (CONAMA) dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Nela está presente as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água (BRASIL, 1981).

Pode-se definir como resíduo industrial tudo aquilo que é descartado pela indústria. Os resíduos líquidos são aqueles que se encontram no estado líquido como por exemplo as soluções de corantes liberadas pela indústria têxtil (LANGANKE, 2021).

Segundo a resolução do CONAMA (BRASIL, 1981), os padrões para lançamento de efluentes industriais nos corpos híbridos são:

- pH entre 5 a 9;
- temperatura: inferior a 40°C;
- materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Porém, para lançamento em lagos e lagoas, os materiais sedimentáveis deverão 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;
- óleos e graxas: óleos minerais até 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- ausência de materiais flutuantes;
- demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO

2.2. A indústria têxtil

Os primeiros relatos sobre produção de tecidos no Brasil se dão na época da colonização, em cartas de Pedro Vaz de Caminha. Mas só no fim do século XIX, com a redução de tarifas alfandegárias a indústria brasileira viria a se

desenvolver. Atualmente o setor têxtil tem grande importância na economia brasileira sendo um forte gerador de empregos (LOPES e JORENTE, 2015).

Segundo Lopes e Joriente (2015), no ano de 2011 o Brasil tinha a oitava maior indústria têxtil do mundo e era o sétimo país na produção de artigos confeccionados. Sendo o vigésimo sexto país em exportação de têxtil e o quadragésimo oitavo em exportação de artigos confeccionados.

2.2.1. Problemas socioambientais da indústria têxtil

Durante o processo de produção dos tecidos na indústria têxtil é comum a utilização de vários tipos de corantes para o processo de tingimento dos tecidos. Até o século XIX esses corantes tinham por derivação, produtos naturais como folhas, ramos, raízes, frutos ou flores. Sendo o primeiro corante sintético descoberto em 1856, na Inglaterra (TWARDOKUS, 2004).

O problema ambiental trazido pelo processo de tingimento na indústria têxtil foi tratado por (ABREU, FILHO, *et al.*, 2008).

Em geral, estima-se que aproximadamente 20% da carga de corantes é perdida nos resíduos de tingimento, o que representa um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil. O Conselho Estadual de Meio Ambiente do estado do Ceará (COEMA) (2004) define as atividades de fiação e tecelagem da indústria têxtil como de médio potencial poluidor degradador (PPD), quando ocorrem sem tingimento, e de alto PPD quando o processo inclui tingimento ou tinturaria.

O não tratamento adequado dos efluentes causam a poluição dos rios chegando a causar uma alteração visível em sua coloração. Figura 11 (TWARDOKUS, 2004).

Figura 1: Poluição causada por indústria têxtil na Índia



Fonte: adaptado de MODAEFICA, 2017

No processo de tinturaria (tingimento) e acabamento é gerado entre 50 e 100 L de efluente por quilo de tecido produzido. Os corantes presentes nesses resíduos têm um grande potencial de poluição, sendo muitos deles ainda desconhecidos todos os seus efeitos maléficos. O descarte dos efluentes feito de forma inadequada podem gerar o esgotamento do oxigênio dissolvido dos corpos hídricos onde foram despejados. Além disso a presença dos corantes impede a penetração da luz solar, por consequência leva a morte dos seres fotossintetizantes do meio (ALMEIDA, DILARRI e CORSO, 2016).

2.2.2. Tratamento de efluentes da indústria têxtil

Atualmente não existe um processo de tratamentos de efluentes definido, sendo responsabilidade de cada empresa analisar e estabelecer como irá realizar esse procedimento. Entretanto os métodos conhecidos atualmente não são totalmente eficientes e acrescentam um custo considerado para as empresas, por isso estudos buscando novos métodos e tecnologias para realizar esse serviço estão em constante desenvolvimento. Surge assim uma busca implacável por novas tecnologias capazes de resolver esse problema (ALMEIDA, DILARRI e CORSO, 2016).

Segundo FREITAS (2002), antes do processo de tratamento de efluentes é preciso criar formas de diminuir a quantidade desse material e isso pode ser

conseguido através de medidas simples. Para diminuir a quantidade de efluentes é preciso diminuir a quantidade de água limpa utilizada no processo por meio da reutilização; regeneração; reciclagem e mudanças de processos para diminuir a utilização de água.

2.2.2.1. Tratamento de efluentes por meio de tensoativos

Os tensoativos não iônicos tem por característica a temperatura de nuvem, temperatura essa em que o tensoativo se torna turvo podendo assim se diferenciar da água em uma mistura. Uma fase composta por solução aquosa com tensoativos acima do ponto de CMC e outra fase rica em tensoativos chamada coacervato. Quando na solução também estão presentes outros produtos orgânicos, estes irão se separar junto com o coacervato. Esse tipo de extração recebe o nome de extração por ponto de nuvem (MELO, 2015).

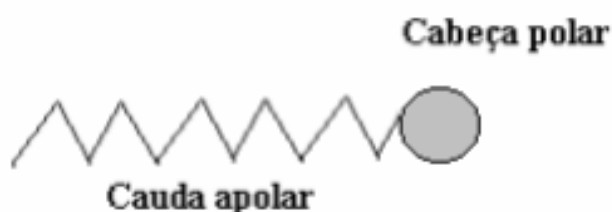
Segundo Melo (2015), outra forma de realizar o tratamento de efluentes têxteis por meio de tensoativos é o método chamado floculação iônica. Nesse processo são utilizados tensoativos aniônicos, este interage com o corante contido no efluente e ao adicionar metais multivalentes na solução acontece a formação de flocos insolúveis, formados pelo tensoativo o corante e o metal adicionado. É necessária uma segunda etapa de separação para retirada dos flocos.

2.3. Tensoativos

Os tensoativos são substancias encontradas de forma natural ou sintética que tem como principal característica uma parte polar e outra apolar, assim sendo, possui uma região hidrofóbica e outra hidrofílica. A parte apolar do tensoativo tem origem em cadeias carbônicas e a parte polar por átomos que apresentem concentração de carga (DALTIM, 2011).

A Figura 1 serve como representação de um tensoativo.

Figura 2: representação do tensoativo.

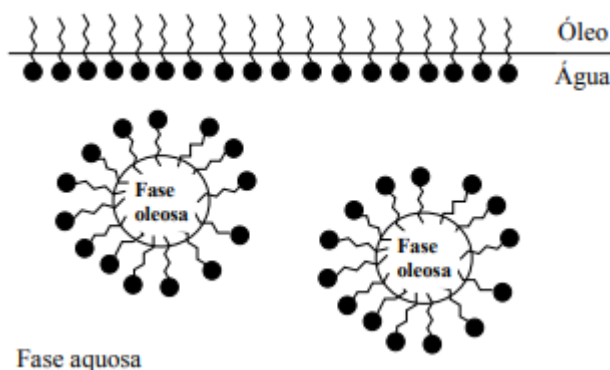


Fonte: adaptado de VALE, 2009

Pela sua característica, os tensoativos quando presentes em um ambiente onde também estão contidos água e óleo, irão se comportar como uma espécie de fronteira entre essas duas substâncias. Sendo o grupo responsável pela solubilidade em óleo formado geralmente por cadeias hidrocarbonetos lineares ou ramificadas contendo ou não grupos aromáticos. Já o grupo hidrofílico é polar, podendo ser carregado positivo ou negativamente. (ROSSI, 2007).

Segundo Rossi (2007), o forte poder polar da molécula dos tensoativos faz com que esses produtos consigam solubilizar substâncias lipofílicas em água, como podemos observar na Figura 2.

Figura 3: Comportamento dos tensoativos em mistura de água e óleo



Fonte: adaptado de ROSSI, 2007

2.3.1. Classificação dos tensoativos

Dentre as formas de classificação dos tensoativos a mais utilizada leva em consideração a sua parte polar, podendo ser positiva ou negativa. Seguindo essa classificação os tensoativos podem ser: aniônicos, catiônicos, anfótero e não iônicos. Outra forma possível de classificar os tensoativos está na classificação por sua estrutura química (VALE, 2009), como mostra a Figura 3.

Figura 4: Classificação dos tensoativos



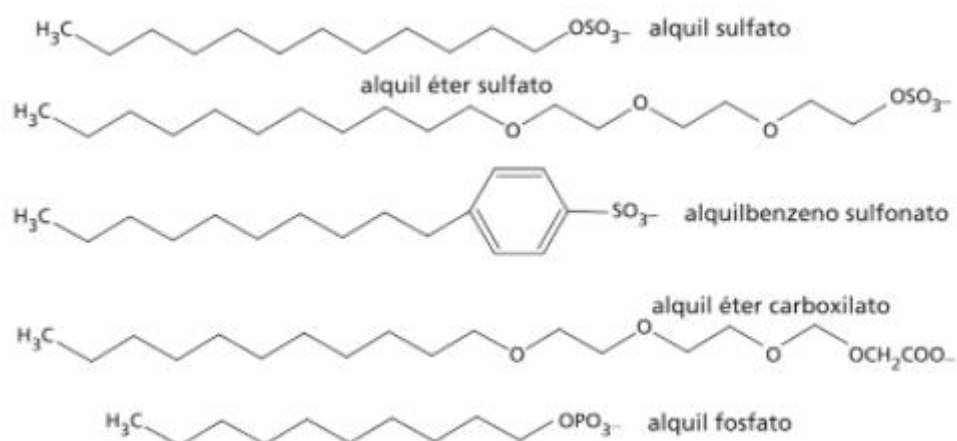
Fonte: adaptado de SILVA, 2012

2.3.1.1. Tensoativos aniônicos

Os tensoativos aniônicos são os mais conhecidos e os mais utilizados pela população, pois estão presentes em produtos básicos como sabões e detergentes, isso devido ao baixo custo de produção. Quando dissolvidos em água possuem uma ou vários grupos ionizáveis carregados negativamente (ROSSI, 2007).

Segundo (DALTIM, 2011) os grupos polares mais comuns dos tensoativos aniônicos são carboxilato, sulfato, sulfonato e fosfato. A figura 4 mostra a estrutura mais comuns dos tensoativos aniônicos.

Figura 5: Exemplos de estruturas de tensoativos aniônicos



Fonte: adaptado de DALTIN, 2011

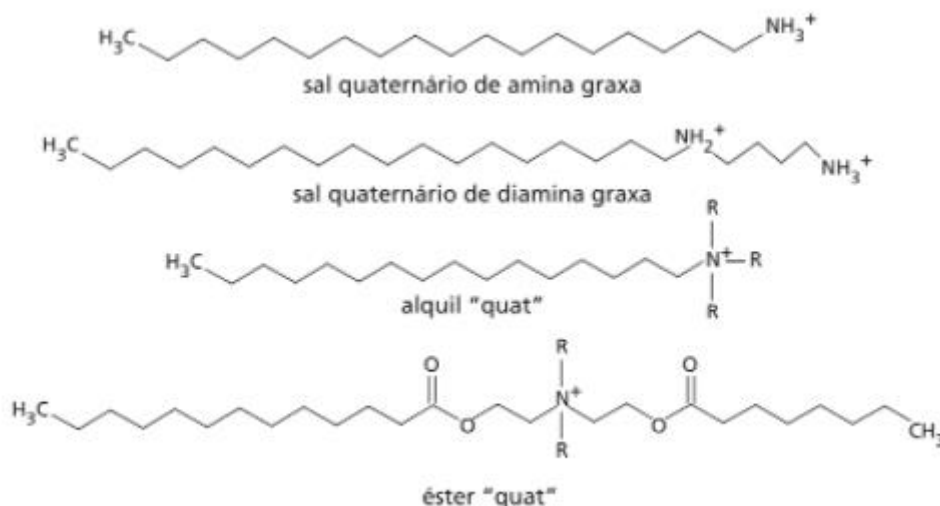
Atualmente os tensoativos aniônicos podem ser usados na produção de sabões. Podendo ser obtidos a partir da saponificação de óleos vegetais ou gordura animais ricos em triglicerídeos. Outro tensoativo que tem a característica aniônica é o tensoativo sulfonado que foi descoberto durante a segunda guerra mundial, atualmente é utilizado na produção de detergentes e sabão em pó. Os tensoativos sulfatados utilizam normalmente moléculas iniciais de álcoois, sendo bastante usados na produção de xampus e creme dental. Tensoativos carboximetilados também são obtidos a partir de álcoois, apresentam resistência a água dura, sendo utilizados na produção de cosméticos e em tingimentos ou tratamentos têxteis. Os tensoativos fosfatados são obtidos a partir da reação de álcoois com um agente de fosfatação, são utilizados na produção de óleos lubrificantes e quando encontrado de forma natural (lecitina) são utilizados na produção de iogurtes e pães (DALTIN, 2011).

2.3.1.2. Tensoativos catiônicos

Os tensoativos catiônicos assim como os aniônicos possuem íons carregados, quando em fase aquosa, mas estes possuem cargas positivas. Hoje é possível encontrar vários tensoativos desse tipo, entretanto o tensoativo de amônio quaternário são os de maior importância e os mais utilizados desse grupo (CURBELO, 2006).

Os tensoativos de amônio quaternário são bastante utilizados em produtos germicidas e antissépticas. Também são utilizados em produtos hospitalares usados na desinfecção de pele além de produtos de limpeza e cremes para cabelo (PIRES, 2002).

Figura 6: Estruturas alguns tensoativos catiônicos



Fonte: adaptado de DALTIN, 2011

2.3.1.3. Tensoativos anfóteros

Os tensoativos anfóteros possuem uma característica bastante particular, ao formar uma solução aquosa pode apresentar tanto formação de ânions como de cátions, sendo influenciada pelo pH da solução. Quando presente em meio básico apresentam-se na forma de aniônica e quando presente em meio ácido apresentam-se na forma catiônica (PORTAL EDUCAÇÃO, 2020).

Essa característica dupla (comportam-se como tensoativos aniônicos e catiônicos) acontece graças a presença na mesma cadeia de um grupo carboxila e um grupo amônio quaternário. Sendo os aminoácidos e as betaínas os principais exemplos desta classe (ROSSI, 2007).

Como exemplos de utilização desse grupo de tensoativos tem-se que devido sua propriedade anfótero é bastante utilizado na indústria de cosméticos, agindo como estabilizador de espuma, agente de limpeza e emoliente. Também tem alta compatibilidade com a pele e mucosas, consequência de sua estrutura análoga à das proteínas (PORTAL EDUCAÇÃO, 2020).

2.3.1.4. Tensoativos não iônicos

Quando os tensoativos formam uma solução aquosa, mas não possuem íons, recebe o nome de tensoativo não iônico. Isso acontece pois eles não possuem carga que causem influencia no meio. Os mais comuns são os nonilfenóis, as amidas e ácidos graxos etoxilados (FERREIRA, 2021).

A afinidade com água desses tensoativos ainda é existente devido a presença de grupamentos funcionais que tem essa característica em suas moléculas. Outra característica diferencial dos tensoativos não iônicos é a invariabilidade em relação a mudanças de pH, tornando esse tipo de tensoativo bastante atrativo na indústria (SILVA, 2012).

Atualmente um dos tensoativos mais utilizados são os lauréis poliglucosídeo por sua característica de presença de agente ativo de limpeza, estabilizador de espuma e viscosidade. É utilizado na produção de cremes, loções e xampus infantis (CHEMAX, 2021).

2.3.1.5. Classificação em relação a estrutura química.

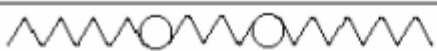
Em relação a estrutura química os tensoativos são separados em seis grupos, que são: Tensoativo monocatenário clássico, tensoativo bicatenário clássico, tensoativo tricatenário clássico, tensoativo geminado, tensoativo bolaforme, tensoativo assimétrico. Como exemplificou (VALE, 2009).

Tensoativo monocatenário clássico: assim chamado por possuir apenas uma cadeia hidrocarbonada simples; - Tensoativo bicatenário clássico: assim chamado por possuir duas cadeias hidrocarbonadas simples ligadas à cabeça polar; - Tensoativo tricatenário clássico: assim chamado por possuir três cadeias hidrocarbonadas ligadas à cabeça polar; - Tensoativo geminado: possui duas cabeças polares ligadas entre si, cada uma das quais

apresentando uma cadeia alquilada; - Tensoativo bolaforme: constituído por duas cabeças polares unidas entre si por uma ou duas cadeias hidrocarbonadas; - Tensoativo assimétrico: possui um ou mais centros de quiralidade em sua cabeça polar (VALE, 2009).

A Figura 6 mostra exemplos de estruturas para cada classificação em relação a estrutura da molécula.

Figura 7: Classificação pela estrutura química

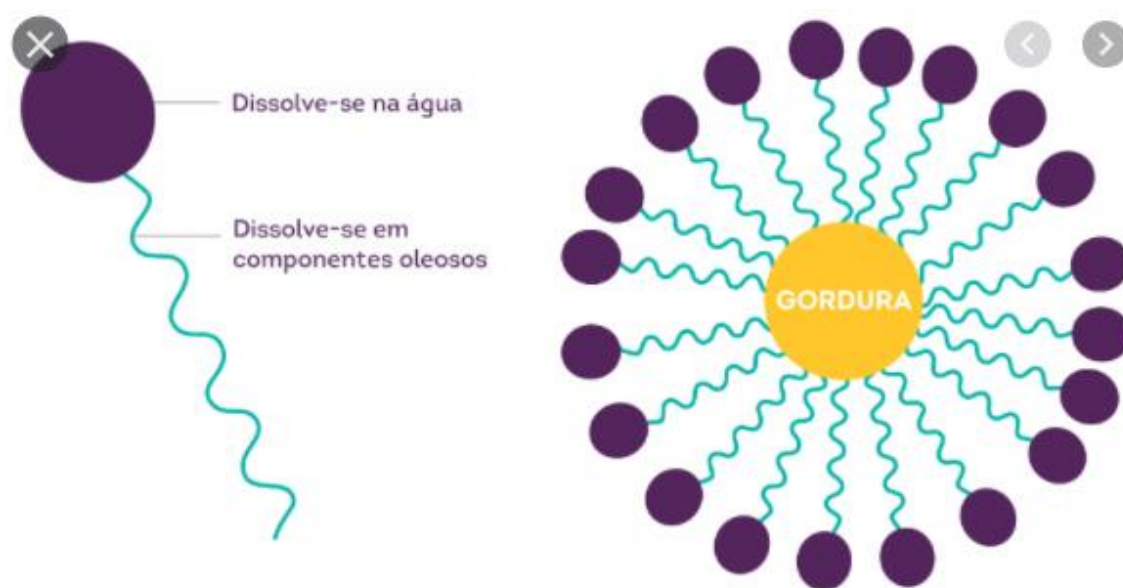
Estrutura do tensoativo	Tipo de tensoativo
	Geminado
	{ Bolaforme
	
	Bicatenário
	Tricatenário
	Tensoativo assimétrico

Fonte: adaptado de VALE, 2009

2.3.2. Formação de micelas

Os tensoativos possuem moléculas anfipáticas, ou seja, possuem uma parte hidrofóbica e uma parte hidrofílica. A interação dessas moléculas com ambientes onde estão presentes água e gordura resultam na produção de micelas. A cauda hidrofóbica fica excluída da água, ocorrendo um isolamento do interior da micela, que ganha uma forma globular, em relação ao meio externo. A Figura 7 representa uma micela formada (MANOEL, 2019).

Figura 8: Estrutura micelar.



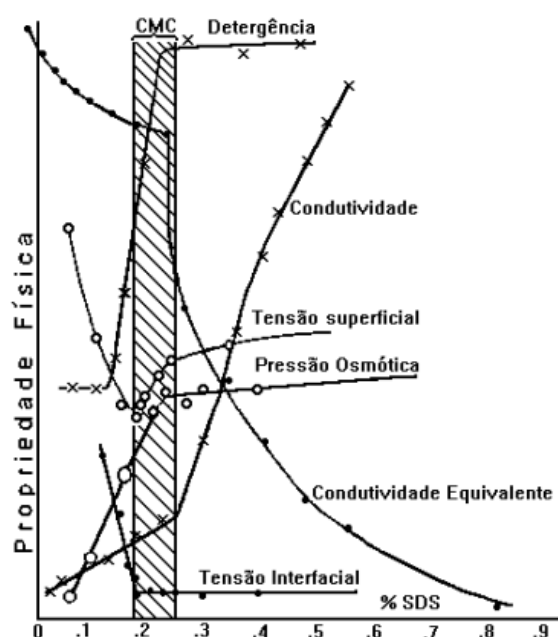
Fonte: adaptado de BLOG ESTRATO DA TERRA, 2021.

A produção de micelas tem por finalidade diminuir o acréscimo de energia livre gerado pela alta concentração de tensoativo na mistura. A parte hidrofóbica da partícula constitui o núcleo e a parte hidrofílica fica voltada para o solvente (PIRES, 2002).

A formação de micelas é considerada uma das principais características dos tensoativos, sendo esta o motivo para praticamente todas as suas aplicabilidades. Essa característica de formação de micelas é responsável pela propriedade de adsorção nas interfaces (ROSSI, 2007).

Comumente, as características físico-químicas dos tensoativos são bastante estáveis, mas à medida que determinado grau de concentração é obtido, conhecido como concentração micelar crítica (CMC), acontece algumas mudanças nessas propriedades. O ponto de CMC também nos mostra a concentração exata onde começa o processo de formação de micelas. Como mostrado na figura 8 (ROSSI, 2007).

Figura 9: Variação das propriedades físico-químicas da solução em função da concentração de tensoativo.



Fonte: adaptado de PIRES, 2002

Os tensoativos não iônicos funcionam de forma diferente, visto que não tem a parte polar da molécula. Estes são caracterizados pelo ponto de perturbação ou turbidez. Quando levado a certa temperatura, a solução de tensoativos não iônicos turva-se, formando duas fases. A temperatura e concentração necessária para adquirir essa separação é conhecida como ponto de turbidez (VALE, 2009).

Figura 10: ponto de turbidez



Fonte: adaptado de VALE, 2009

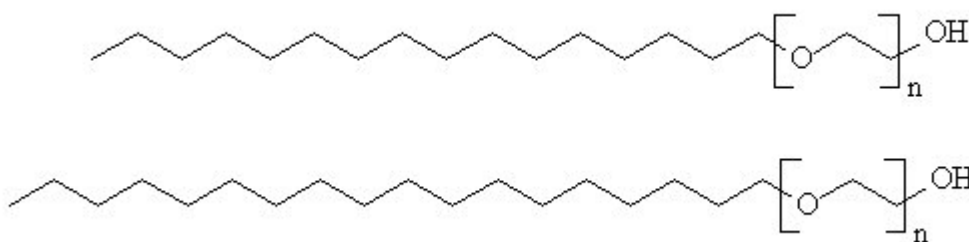
2.4. Álcool Cetoestearílico

Segundo o dossiê técnico do fabricante o álcool cetoestearílico é um tensoativo que atua como agente emulsionante proporcionando lubricidade, consistência, emoliência e estabilidade às formulações cosméticas e farmacêuticas. Usado em cremes, loções cremosas e tônicas, géis, shampoos, condicionadores e outros produtos capilares.

O catalogo do produto no site da Fragon Brasil o descreve da seguinte forma:

O álcool cetoestearílico é formado por uma mistura de álcoois alifáticos sólidos constituída principalmente por álcool estearílico ($C_{16}H_{34}O$) e cetílico ($C_{16}H_{34}O$) 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 co-emulsionante, 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 cetoestearílico forma emulsões com microestruturas muito complexas. Estas microestruturas podem incluir cristais líquidos, estruturas lamelares e fases de gel.

Figura 11 Estrutura do álcool cetoestearílico



Fonte: adaptado de COSMÉTICA EM FOCO, 2021

3. MATERIAIS E MÉTODOS

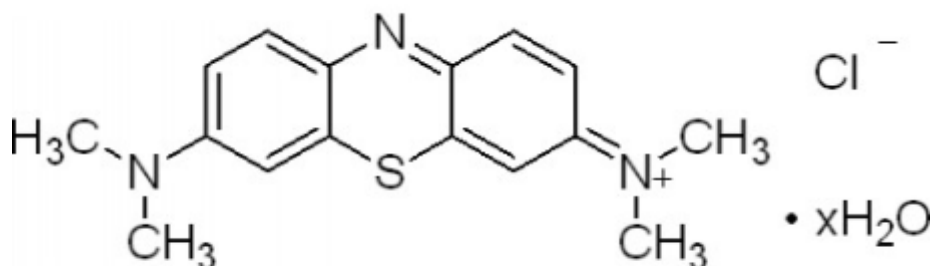
O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratório de Química Geral e Química Aplicada à Engenharia na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus Caraúbas, localizada na cidade de Caraúbas, no Estado do Rio Grande do Norte. Foram preparadas as soluções com o corante azul de metileno, utilizada para representar os efluentes da indústria têxtil. Também foram produzidas as soluções com o tensoativo Álcool Cetoestearílico. Por meio do equipamento de UV-visível foi possível observar a eficiência do tensoativo na remoção do corante.

3.2. Materiais utilizados

- Balança analítica SHIMADZU AUY220
- Espectrômetro UV/VISÍVEL PG instruments Ltd
- Centrifuga CENTRÍFUGAS DE TUBOS QUIMIS
- Béqueres, conta gotas, balões volumétricos, bastão de vidro, pipetas.
- Água destilada
- Álcool absoluto 99,5% ITAJA
- Corante azul de metileno hidratado P.A NEON
- Tensoativo Álcool Cetoestearílico JACY
- Software ORIGIN 8.0

A Figura 12 representa a estrutura química do corante azul de metileno hidratado utilizado em nossos experimentos (SILVA, 2015).

Figura 12: Estrutura química do azul de metileno hidratado



Fonte: adaptado de VHTEX, 2021

3.3. Determinação da curva de calibração dos corantes

Para determinar a curva de calibração inicialmente foi produzido uma solução com 0,0125 g de azul de metileno em 100 ml de água destilada. A concentração da solução foi obtida através da Equação 1.

$$C = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{volume do solvente}} = \frac{0,0125g}{0,1l} = 0,125 \frac{g}{l} \quad Eq: 1$$

Através dessa solução inicial foram produzidas outras cinco concentrações de 6, 8, 10, 12 e 14 mg/L por meio da Equação 2.

$$C1 * V1 = C2 * V2 \quad Eq: 2$$

Feito isso, as soluções foram levadas ao UV-visível para obtenção da curva de calibração do corante, também foi levado ao equipamento uma solução limpa (branco) sem adição de corante, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Soluções do corante azul de metileno em diferentes concentrações



Fonte: autoria própria

3.4. A escolha da concentração do tensoativo

Como o álcool cetoestearílico etoxilado é um tensoativo não iônico, sua solução foi realizada utilizando etanol (álcool absoluto 99,5%). Inicialmente foi pesado 1,0135 g do tensoativo dissolvendo-se em 100 ml de álcool, obtendo 10,135 g/L (Equação 1).

Através dessa solução inicial foram produzidas outras três soluções de 8, 4 e 1 g/L (Equação 2).

3.5. Remoção do corante por tensoativo

Para realizar a remoção do corante dos efluentes, foi reproduzido uma mistura das soluções de corante e tensoativos produzidas anteriormente. 5 mL da solução de corante foi adicionada a 5 mL da solução de tensoativo para as diferentes concentrações de corante, 14, 12, 10, 8, 6 e 0 mg/L. Isso foi feito para as três diferentes concentrações de tensoativo, 8, 4 e 1 g/L. Feito isso, as amostras foram levadas a centrífuga para melhor separação. Após a separação, os sobrenadantes foram levados a cabo para medidas de absorbância no UV-visível. Após a obtenção dos resultados, os dados foram trabalhados no Software Origin 8.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Determinação da curva de calibração dos corantes

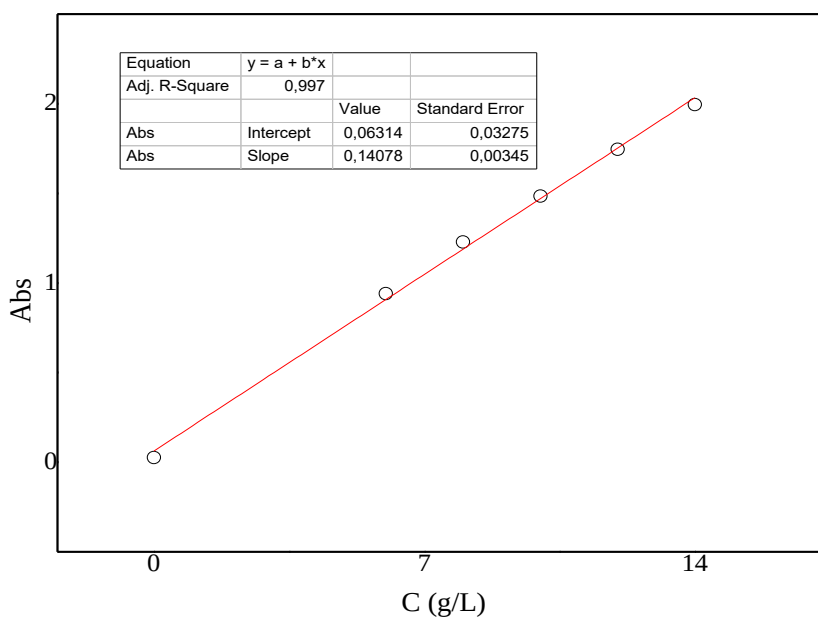
A curva de calibração foi obtida plotando as absorbâncias em função da concentração utilizando o Oringim 8.0, como mostra a Figura 14. A Tabela 1 mostra os valores de absorbância dos padrões e do branco. Após a regressão linear, utilizando a equação da reta $y = a + b \cdot x$, obteve-se, $R^2 = 0,997$, $a = 0,06314$ e $b = 0,14078$.

Tabela 1: Valor das absorbâncias das soluções do corante azul de metileno.

Concentração (mg/L)	Absorbância
0	0,025
6	0,940
8	1,229
10	1,484
12	1,746
14	1,994

Fonte: autoria própria

Figura 14: Curva de calibração do corante azul de metileno

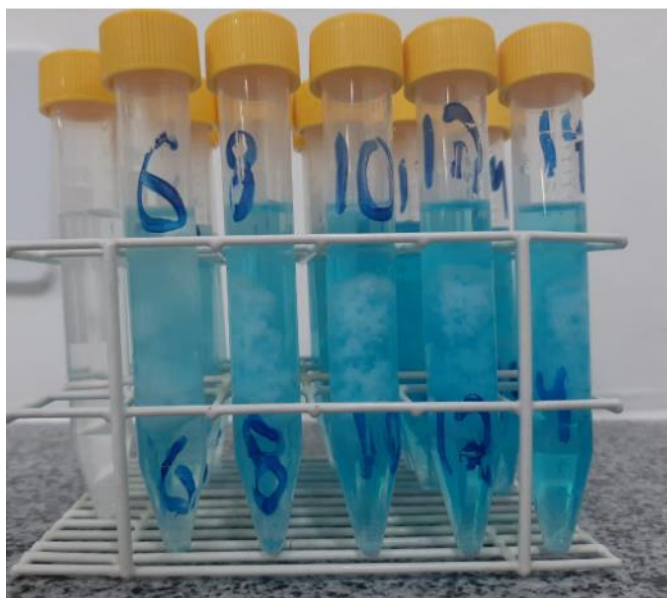


Fonte: autoria própria

4.2. Remoção de corante por tensoativo

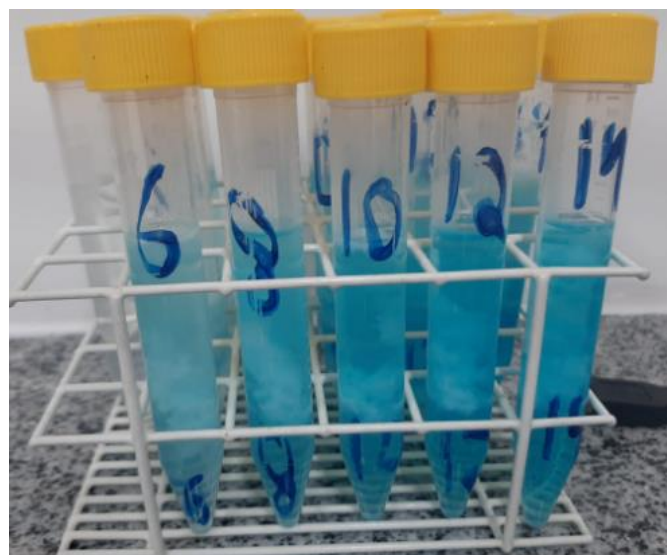
Num tubo de centrífuga foi colocado 5 mL de cada solução de tensoativo com 8, 4 e 1 g/L em seguida foi adicionado, no mesmo tubo, 5 mL das soluções de corante (padrões) com concentração de 14, 12, 10, 8 e 6 mg/L por 20 minutos a 10 rpm, como mostram as Figuras 15, 16 e 17. Após a centrifugação, o sobrenadante foi levado para o UV-visível para posterior quantificação da remoção do corante do efluente.

Figura 15: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 8 g/L.



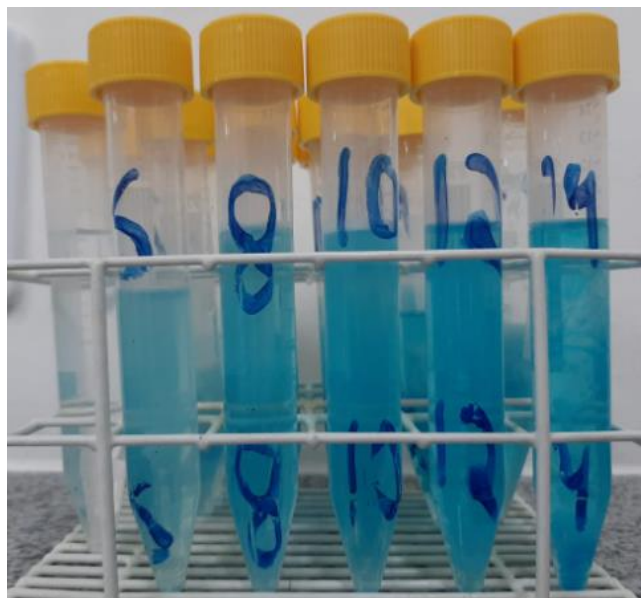
Fonte: autoria própria

Figura 16: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 4 g/L.



Fonte: autoria própria

Figura 17: Remoção do corante após a centrifugação para as amostras tensoativo com concentração de 1 g/L.



Fonte: autoria própria

Após a análise das absorbâncias, do sobrenadante, no UV-visível, os resultados podem ser observados nas Tabelas 2, 3 e 4 para a concentração de 8, 4 e 1 g/L respectivamente.

Tabela 2: Absorbâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 8 g/L.

Concentração (mg/L)	Absorbância
0	0,01
6	0,629
8	0,808
10	0,850
12	1,215
14	1,141

Fonte: autoria própria

Tabela 3: Absorbâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 4 g/L.

Concentração (mg/L)	Absorbância
0	0
6	0,559
8	0,874
10	0,992
12	1,294
14	1,539

Fonte: autoria própria

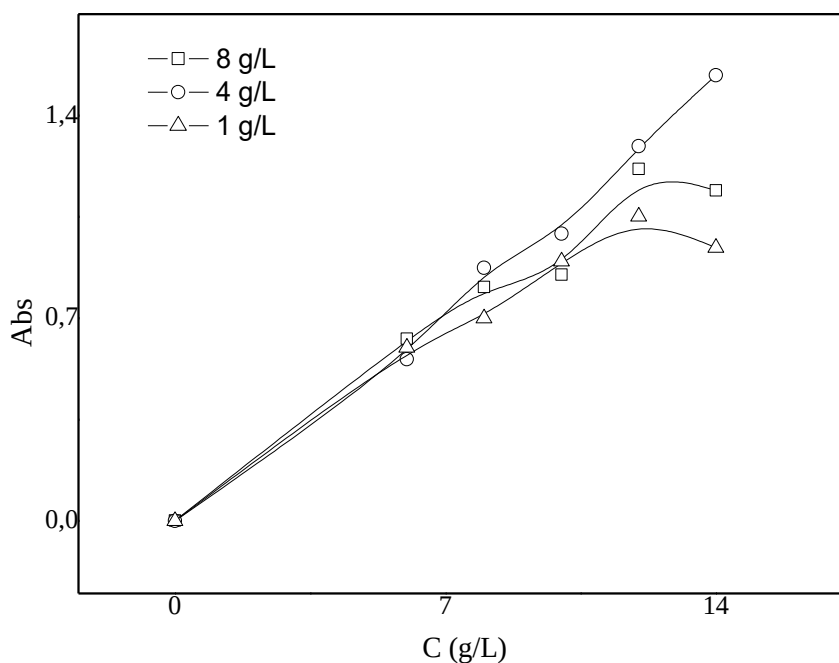
Tabela 4: Absorbâncias obtidas para cada concentração do corante, com concentração de tensoativo 1 g/L.

Concentração (mg/L)	Absorbância
0	0
6	0,599
8	0,700
10	0,896
12	1,051
14	0,944

Fonte: autoria própria

Com esses dados foi possível elaborar um gráfico da absorbância obtida em função da concentração de corante para as três concentrações de 8, 4 e 1 g/L de tensoativo, como mostra a Figura 18.

Figura 18: Absorbância das concentrações de corante para as três diferentes concentrações de tensoativos.



Fonte: autoria própria

A Figura 18 mostra que a remoção do corante pelo o tensoativo foi maior para àquela solução com menor concentração de tensoativo, 1 g/L, para as concentrações mais elevadas do corante 14, 12 e 10 mg/L.

Com os valores das absorbâncias de cada solução de corante, Tabelas 2, 3 e 4, e os dados de a e b da equação da reta (Figura 14), foi possível calcular a concentração final de corante nas diferentes concentrações do tensoativo, utilizando a Equação 3. Esses valores podem ser observados na Tabela 5.

$$C = \frac{Abs. - a}{b}$$

Eq: 3

Tabela 5: Valores das concentrações, em mg/L, após a remoção feita pelo tensoativo a 8, 4 e 1 g/L.

Concentração do corante (mg/L)	8 g/L tensoativo	4 g/L tensoativo	1 g/L tensoativo
14	7,65634	10,48345	6,257
12	8,18199	8,74315	7,01705
10	5,58929	6,59795	5,91604
8	5,29095	5,75977	4,5238
6	4,01946	3,52223	3,80636
0	0	0	0

Fonte: autoria própria

A partir desses valores da Tabela 5 e utilizando a Equação 4, foi possível calcular a remoção feita pelo tensoativo em cada solução de corante.

$$RT = Ci - Cf \quad \text{Eq: 4}$$

Onde RT é a remoção do tensoativo, C_i é a concentração inicial do corante e C_f a concentração final, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6: remoção da concentração de corante pelo o tensoativo.

Concentração inicial do corante (g/L)	Remoção (8 g/L)	Remoção (4 g/L)	Remoção (1 g/L)
14	6,34366	3,51655	7,743
12	3,81801	3,25685	4,98295
10	4,41071	3,40205	4,08396
8	2,70905	2,24023	3,4762
6	1,98054	2,47777	2,19364
0	0,4414	0,4485	0,4485

Fonte: autoria própria

Ao analisar os gráficos e as tabelas percebe-se que a solução com 1g/L de tensoativo agiu de forma mais contundente nas soluções contendo corante.

Sendo a redução de 52% no valor da absorbância (Tabela 7) e 7,743 (Tabela 6) na concentração o valor mais expressivo de todos.

Na Tabela 7 encontra-se o índice de redução da absorbância nas soluções contendo tensoativo. Esses valores foram obtidos através da absorbância inicial da solução contendo apenas o corante (Tabela 1) e dos valores da absorbância após a adição da solução com tensoativos (Tabelas 2, 3 e 4). Esses valores foram obtidos através da Equação 5.

$$\%red. = \left| \left(\frac{abs. \text{ mistura de soluções de corante e tensoativo}}{abs. inicial do corante} - 1 \right) * 100 \right| \quad Eq: 5$$

Tabela 7: Porcentagem de redução de absorbância para as três concentrações de tensoativos.

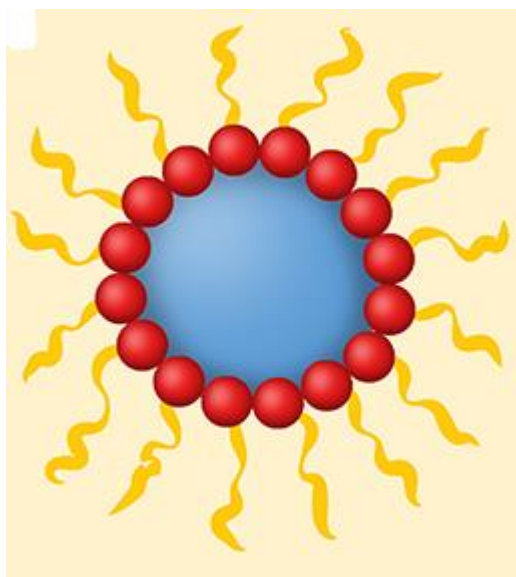
Concentração do corante	redução do índice de absorbância para as concentrações do tensoativo		
	8g/L	4g/L	1g/L
6 mg/L	33%	40%	40%
8 mg/L	34%	28%	43%
10 mg/L	42%	33%	39%
12 mg/L	30%	26%	40%
14 mg/L	42%	22%	52%

Fonte: autoria própria

Num modo geral a melhor remoção foi feita pela solução com menor concentração de tensoativo. À medida que as concentrações de tensoativos foram diminuídas, a floculação diminuía de forma que fosse possível separar o sobrenadante e fazer a medida no Uv-visível.

Isso pode ser explicado pela formação da micela. A micela formada é do tipo A/O, ou seja, a parte polar fica direcionada no centro dela e a parte apolar direcionada para fora (para o solvente). A estrutura do azul de metileno possui cargas positivas e negativas, o tensoativo que também foi ionizado pela sua solubilização em álcool etílico, aumenta as cargas, formando flocos do corante com o tensoativo, como mostra a Figura 19.

Figura 19: Micela inversa contendo a azul de metileno no seu centro.



Fonte: adaptado de Martinez, 2015.

Nos testes feitos em laboratório, quando utilizado concentrações muito alta de tensoativo, acima de 10 g/L, formava uma floculação muito alta (ficava tudo sólido) de forma que não foi possível separar do sobrenadante.

A parte azul da micela representa a remoção do corante pela tensoativo. Se essa concentração for aumentada, aumenta também o número de cargas, fazendo com que haja uma desestabilização dela, de forma que ela ficava no estado sólido, impedindo assim a realização da análise.

O uso do tensoativo a concentrações muito baixas não é aconselhado devido a concentração micelar crítica (CMC). Se a concentração dele estiver abaixo da CMC, o tensoativo não vai formar micelas, consequentemente não haverá remoção. O corante é removido pela parte polar da micela que fica no centro desta, sem formação de micela, não haverá remoção de corante.

5. CONCLUSÕES

- O uso de tensoativo na remoção de corantes nos efluentes da indústria têxtil é uma alternativa viável e deve ser analisada pelas empresas;
- A remoção do corante pelo tensoativo álcool cetoestearílico é mais adequada para concentrações mais baixas de tensoativo, 1 g/L, com concentrações mais altas de corante, 14 g/L.
- A concentração muito alta de tensoativo há uma desestabilização na micela, fazendo com que a amostra fique sólida impedindo a remoção do corante;
- A concentrações muito baixas, abaixo da CMC, não há formação de micelas, tornando-se impossível a remoção do corante.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, M. et al. **Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina**. Gest. Prod. São Carlos, 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, p. 18. 2016.

BRASIL. planalto. **casa civil**, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 29 maio 2021.

CHEMAX. tensoativos não iônicos. **Chemax**, 2021. Disponível em: <<https://www.chemax.com.br/tensoativos-nao-ionicos>>. Acesso em: 19 maio 2021.

COEMA. <https://www.semace.ce.gov.br/resolucoes-coema-2004/>. **semace**, 2004. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/resolucoes-coema-2004/>>. Acesso em: 20 maio 2021.

CURBELO, F. **Recuperação avançada de petróleo utilizando tensoativos**. UFRN. Natal, p. 190. 2006.

DALTIN, D. **Tensoativos: Química, Propriedades e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

EXTRATODATERRA. extratodatterra. **extratodatterra**, 2021. Disponível em: <<http://www.extratodatterra.com.br/blog/tag/micelas/>>. Acesso em: 20 maio 2021.

FERREIRA, V. infoescola. **infoescola-navegando e aprendendo**, 2021. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/compostos-tensoativos/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

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

GOBBI, L. educação-geografia. **globo**, 2015. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/geografia/assunto/geografia-fisica/agua-uso-e-problemas.html>>. Acesso em: 10 maio 2021.

GUSTAVO, B. cosmeticaemfoco. **cosmeticaemfoco**, 2020. Disponível em: <<https://cosmeticaemfoco.com.br/materias-primas/ceteareth-20/>>. Acesso em: 20 maio 2021.

LANGANKE, R. conservação. **usp**, 2021. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/lixo_residuos.htm>. Acesso em: 29 maio 2021.

LOPES, R.; JORENTE, M. J. **A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural**. UESC. Florianópolis, p. 153-174. 2015.

MANIASSO, N. Ambientes micelares em química analítica. **química nova**, Piracicaba, v. 24, n. 1, p. 87-93, abril 2001.

MANOEL, I. O que são micelas? Entenda como elas podem ajudar na limpeza de sua pele e cabelos. **Inoar**, 2019. Disponível em: <<https://inoar.com/15/08/2018/o-que-sao-micelas-entenda-como-elas-podem-ajudar-na-limpeza-de-sua-pele-e-cabelos/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

MARINA, C. modéfica. **modéfica**, 2017. Disponível em: <<https://www.modéfica.com.br/moda-segunda-industria-poluente-sustentabilidade/#.YLEfFfIKjIU>>. Acesso em: 20 maio 2021.

MARTÍNEZ, G. G. R. revista digital universitária. **revista.unam**, 2018. Disponível em: <<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num1/art04/>>. Acesso em: 20 maio 2021.

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

NARDINI CARLI, L. et al. RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR –ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo , v. 2, n. 1, p. 143-165, janeiro-junho 2013.

PIRES, P. **Síntese e propriedades de soluções de tensoativos catiônicos derivados de (3-dimetilaminopropil)amidas de ácidos carboxílicos.** USP. São Paulo , p. 184. 2002.

PORTAL EDUCAÇÃO. anfóteros. **portaleducacao**, 2020. Disponível em: <<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/farmacia/anfoterose/15348>>. Acesso em: 19 maio 2021.

ROSSI, C. **Inibição a corrosão do aço AISI 1020, em meios ácido e salino, por tensoativos e substâncias nitrogenadas microemulsionados.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 163. 2007. (issn).

SILVA, L. **Remoção de corante têxtil utilizando sistema micelares do tipo A/O (inversos).** UFERSA. Caraúbas, p. 59. 2015.

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

TWARDOKUS, R. **REUSO DE ÁGUA NO PROCESSO DE TINGIMENTO DA INDÚSTRIA TÊXTIL.** UFSC. Florianópolis, p. 136. 2004.

VALE, T. **DESENVOLVIMENTO DE TENSOATIVOS E SISTEMAS MICROEMULSIONADOS PARA A RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO.** UFRN. Natal , p. 156. 2009.

VHTEX. vhtex. **vhtex**, 2021. Disponível em:
<https://www.vhtex.com.br/index.php?route=product/product&product_id=200360>. Acesso em: 25 maio 2021.