



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

STEFANNY ELLEN COSTA VIEIRA

**ESTUDO DO USO DE TENSOATIVO PARA A REMOÇÃO DE RESÍDUOS EM
EFLUENTES TÊXTEIS**

CARAÚBAS

2021

STEFANNY ELLEN COSTA VIEIRA

**ESTUDO DO USO DE TENSOATIVO PARA A REMOÇÃO DE RESÍDUOS EM
EFLUENTES TÊXTEIS.**

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

Orientador: Guymmann Clay da Silva, Prof. Dra.

CARAÚBAS

2021

© 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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 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.

V665e Vieira, Stefanny Ellen Costa.
ESTUDO DO USO DE TENSOATIVO PARA A REMOÇÃO DE
RESÍDUOS EM EFLUENTES TÊXTEIS. / Stefanny Ellen
Costa Vieira. - 2021.
54 f. : il.

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

1. Efluente têxtil. 2. Tensoativo. 3.
Alaranjado de Metila. 4. Preto de Eriocromo. I.
Silva, Guymann Clay da , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

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

STEFANNY ELLEN COSTA VIEIRA

**ESTUDO DO USO DE TENSOATIVO PARA A REMOÇÃO DE RESÍDUOS EM
EFLUENTES TÊXTEIS**

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

Defendida em: 20 / 11 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

**Guymmann Clay
da Silva**

Assinado digitalmente por Guymmann Clay da Silva
CN: Clay, Guymmann, O=UFERSA, OU=UFERSA, C=BR
Email: Guymmann@ufersa.edu.br
Poderá revogar este documento
Localizado em: localidade de assinatura digital
Data: 2021.11.20 16:48:03 -0300
Versão: 1.1.0

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

Presidente

**MARCELO BATISTA DE
QUEIROZ:82801800520**

Assinado de forma digital por
MARCELO BATISTA DE
QUEIROZ:82801800520
Dados: 2021.11.20 16:29:12 -0300

Marcelo Batista de Queiroz, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

**DANIEL FREITAS FREIRE
MARTINS:05305550424**

Assinado de forma digital por DANIEL
FREITAS FREIRE MARTINS:05305550424
Dados: 2021.11.20 16:52:23 -0300

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

Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha amada bisavó, Aureci Soares da Costa (*in memoriam*). Vovó, para a senhora que sempre foi meu refúgio e fonte de ensinamento, obrigada por me mostrar que eu poderia chegar onde eu quisesse. Seu amor me salvou e salva todos os dias, vou guardá-la pra sempre em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que na sua infinita bondade me deu condições de chegar até aqui mesmo em meio um tempo de pandemia.

Agradeço a minha mãe, Maria Dalvaci Costa, que nunca mediu esforços pra me tornar quem hoje eu sou. Obrigada Mainha, por acreditar em mim, por me apoiar e por tanta dedicação em sonhar comigo os meus sonhos.

Ao meu namorado, Danrley Sena e Silva, por ser o melhor companheiro da vida, por ser o meu ponto de paz em meio a um período tão caótico, seu incentivo foi fundamental durante todo curso e na realização desse trabalho.

Agradeço a minha orientadora, Dra. Guymmann Clay da Silva, não apenas pela orientação, mas por ter se tornado uma pessoa tão especial em minha vida, agradeço toda dedicação e por depositar em mim tamanha confiança.

Aos meus amigos, que ao longo dessa jornada dividiram não apenas os dias, mas os sonhos, as aflições e as conquistas.

RESUMO

Diante dos problemas ambientais existentes em nossa sociedade, tem-se destaque a poluição hídrica causada pela atividade industrial. Nesse viés, temos as indústrias têxtil que ejetam nos rios uma grande quantidade de corantes e compostos orgânicos que modificam as propriedades dos corpos d'água e colocam em risco a vida. Se nada for realizado a respeito, em um futuro não muito distante a humanidade corre um sério risco de perder de vez os últimos reservatórios de água potável. Diante de tal circunstância, a motivação deste trabalho surge na necessidade de buscar tecnologias que sejam relevantes na recuperação e, consequentemente, da não degradação de um dos recursos vitais à vida: a água. O objetivo principal deste trabalho é a remoção dos corantes alaranjado de metila e preto de eriocromo (efluentes têxteis) por meio do tensoativo álcool cetoestearílico. Foram realizadas as curvas de calibração para os dois corantes com intuito de verificar quantitativamente a remoção para as concentrações de tensoativo de 1, 4 e 8 g/L. Os resultados mostraram que o uso de tensoativos para remoção de corantes nos efluentes da indústria têxtil apresenta-se como uma alternativa viável. A remoção para o corante alaranjado de metila apresentou comportamento satisfatório, apresentando maior destaque para o tensoativo a 8 g/L que obteve redução de até 53,91% na absorbância das soluções analisadas. Ainda para este corante, em termos de concentração, a redução na carga de corantes chegou a ser de 10,4462 mg/L. Conclui-se que para o corante alaranjado de metila, a remoção pelo tensoativo álcool cetoestearílico é mais eficiente para concentrações intermediária, 8 e 4 g/L, do que para concentrações muito abaixo, como o caso de 1 g/L, e acima, como para 10 g/L. Já para o corante preto de eriocromo a remoção se mostrou ineficiente para todas as concentrações de tensoativo analisadas devido a fácil desestabilização das micelas na solução. A redução mais expressiva na absorbância, para esse corante, foi de cerca de 40 % para o preto de eriocromo a 15 mg/L e tensoativo a 4 g/L, esse índice não foi obtido em nenhuma das demais soluções analisadas.

Palavras-chave: Efluente têxtil. Tensoativo. Alaranjado de metila. Preto de Eriocromo.

ABSTRACT

Given the environmental problems existing in our society, water pollution caused by industrial activity has been underscore. In this segment, textile manufactures eject large amounts of dyes and organic components into rivers that modify the properties of water and put life at risk. If nothing is done about it, in not too distant future humanity runs a serious risk of losing the last reservoirs of drinking water. Given this situation, the motivation for this work arises from the need to seek technologies that are relevant to the recovery and no degradation of one the vital resources for life: water. The main objective of this work is the removal of methyl orange and eriochrome black dyes (textile effluents) by means of cetostearyl alcohol surfactant. Calibration curves were made for the two dyes to verify removal for surfactant concentrations of 1, 4 and 8 g/L. The results showed that use of surfactants for dye removal in textile industry effluents is a viable alternative. Removal of the methyl orange dye showed satisfactory performance, The most significant reduction is for the surfactant at 8 g/L, which presents a reduction of up to 53.91% in the absorbance of the solutions examined. Also, for this dye, in terms of concentration, the reduction was 10.4462 mg/L. It was concluded that for the methyl orange dye, removal by the cetostearyl alcohol surfactant is more efficient for intermediate concentrations, 8 and 4 g / L, than for much lower concentrations, as in the case of 1 g / L, and above, as for 10 g / L. As for the black eriochrome dye, the removal proved to be ineffective for all analyzed concentrations of surfactant due to the easy destabilization of the micelles in the solution. The significant reduction in absorbance was 40% for eriochrome black at 15 mg / L and surfactant at 4 g / L, this reduction was not obtained in any of the other solutions examined.

Keywords: Textile effluent. Treatment. Surfactant. Methyl orange. Black eriochrome.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de uma molécula de Tensoativo	21
Figura 2: Representação de tensoativo em mistura de água e óleo	22
Figura 3: Estrutura de alguns tensoativos aniônicos	23
Figura 4: Estrutura de alguns tensoativos aniônicos	25
Figura 5: Formação de micelas.....	25
Figura 6: Propriedades físico-químicas de um tensoativo.....	26
Figura 7: Representação esquemática da formação micelar diretas ou inversas de tensoativos iônicos.....	27
Figura 8: Representação esquemática da formação micelar diretas ou inversas de tensoativos não iônicos.....	28
Figura 9: Estrutura molecular do Álcool Cetoestearílico	30
Figura 10: Estrutura química do alaranjado de metila.....	28
Figura 11: Estrutura química do preto de eriocromo.....	29
Figura 12: Soluções do corante alaranjado de metila em diferentes concentrações.....	32
Figura 13: Curva de calibração do corante alaranjado de metila	35
Figura 14: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 8 g/L	36
Figura 15: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 4 g/L	36
Figura 16: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 1 g/L	37
Figura 17: Absorbância das concentrações de alaranjado de metila para as três diferentes concentrações de tensoativos.....	39
Figura 18: Curva de calibração do corante preto de eriocromo	43

Figura 19: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções de tensoativo a 8, 4 e 1 g/L.....44

Figura 20: Absorbância das concentrações de preto de eriocromo para as três diferentes concentrações de tensoativos.....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais e Reagentes utilizados	31
Tabela 2: Valor das absorvâncias das soluções de corante alaranjado de metila	34
Tabela 3: Absorvâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 8 g/L	37
Tabela 4: Absorvâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 4 g/L	38
Tabela 5: Absorvâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 1 g/L	38
Tabela 6: Concentrações, em mg/L, após a remoção do alaranjado de metila por tensoativo a 8, 4 e 1g/L	40
Tabela 7: Remoção da concentração de alaranjado de metila por tensoativo	40
Tabela 8: Porcentagem na redução da absorvância das soluções de alaranjado de metila para as concentrações de tensoativo	41
Tabela 9: Valor das absorvâncias das soluções de corante preto de eriocromo	42
Tabela 10: Absorvâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 8 g/L	44
Tabela 11: Absorvâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 4 g/L	45
Tabela 12: Absorvâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 1 g/L	45
Tabela 13:Concentrações, em mg/L, após a remoção do preto de eriocromo por tensoativo a 8, 4 e 1g/L	46
Tabela 14: Remoção da concentração do preto de eriocromo por tensoativo	47
Tabela 15: Porcentagem na redução da absorvância das soluções de preto de eriocromo para as concentrações de tensoativo	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. HISTÓRIA DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL	16
2.2. USO DA ÁGUA E PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS RELACIONADOS A PRODUÇÃO TÊXTIL	16
2.3. CORANTES NA INDÚSTRIA TÊXTIL	17
2.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	18
2.5. TRATAMENTOS	19
2.6. TENSOATIVOS	20
2.6.1. Classificação dos tensoativos	22
2.6.2. Formação de micelas	25
2.7. ALARANJADO DE METILA	28
2.8. PRETO DE ERIOCROMO	29
2.9. ALCOOL CETOESTERARÍLICO	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1. MATERIAIS E REAGENTES	31
3.2. DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE CALIBRAÇÃO DOS CORANTES 31	
3.3. DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DO TENSOATIVO	33
3.4. REMOÇÃO DOS CORANTES POR TENSOATIVO	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ALARANJADO DE METILA	34
4.2. REMOÇÃO DO ALARANJADO DE METILA POR TENSOATIVO	35
4.3. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO PRETO DE ERIOCROMO	42

4.4.	REMOÇÃO DO PRETO DE ERIOCROMO POR TENSOATIVO.....	43
5.	CONCLUSÕES.....	50
	REFERENCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da Terra a água desempenha um papel fundamental na geração e manutenção da vida. A escassez hídrica é um problema recorrente em diversos países do mundo, diante de tal situação a racionalização da água surge como uma questão de extrema relevância, uma vez que um dos bens mais preciosos para humanidade está cada vez mais exíguo (TOZE, 2006).

Além do aumento considerável do consumo de água apontado por Schulz (2005), a poluição das águas apresenta-se como um fator preocupante. A contaminação de rios por esgotos, efluentes industriais e hospitalares, bem como resíduos agroquímicos, já são vistos como algo “normal” na sociedade atual (TOZE, 2006). A indústria têxtil é responsável por uma grande produção de efluentes aquosos contaminados. De acordo com Bello (2000), o rejeito se caracteriza por ser altamente colorido, no entanto o impacto ambiental vai além do efeito visual, a grande quantidade de corantes e compostos orgânicos modificam as propriedades dos flumens e colocam em risco a vida (MORAIS, 2007).

A água é utilizada basicamente em todos os processos da indústria, como aponta Abreu Filho, *et al.* (2008). Na produção têxtil a água é utilizada desde a etapa de tingimento até a limpeza final, é uma demanda enorme que depois de todos os processos se torna inutilizável. De acordo com Kunz *et al.* (2002), na indústria têxtil, os processos de tratamento mais usados são fundamentados nos ensaios de precipitação-coagulação, seguidos de tratamentos biológicos via sistema de iodo ativado, embora esse processo consiga atingir até 80% de remoção na carga de corantes presente nos efluentes, o acúmulo excessivo de iodo na indústria apresenta-se como um problema, uma vez que ele não pode ser reutilizado.

Para liberação de efluentes no meio ambiente é necessário que se atenda a critérios físicos, químicos e biológicos determinados na Resolução nº 430/11 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Essa resolução define os parâmetros que indicam a qualidade e o constituinte dos efluentes, advindos das atividades potencialmente poluidoras como a indústria têxtil, que podem ser lançados no meio ambiente.

Diante da necessidade de aperfeiçoar técnicas que sejam eficazes na remoção de corantes nos efluentes têxteis, os tensoativos surgem como alternativa viável, uma vez que

Stickdornt (1995) afirma que sistemas micelares são aplicados em diversos campos industriais. Segundo Melo (2015), atualmente a remoção de corantes por surfactantes é realizada por dois métodos, o primeiro é por ponto de nuvem, temperatura em que o tensoativo em solução se torna turvo formando duas fases distintas; e o segundo é conhecido como floculação iônica, caracterizado por ponto de temperatura que a solubilidade do tensoativo aumenta consideravelmente.

Diante disto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia do tensoativo Álcool Cetoestearílico Etoxilado para tratamento de efluentes têxteis. Os efluentes da indústria têxtil serão simulados com as soluções dos corantes alaranjado de metila, com concentrações de 0, 4, 8, 12, 16 e 20 mg/L, e preto de eriocromo, com concentrações de 0, 15, 30, 45, 60 e 75 mg/L, para cada um dos corantes determina-se a sua curva de calibração característica. Será realizada a aplicação do tensoativo com concentração de 1, 4 e 8 g/L para remoção dos corantes e em seguida é realizado o levantamento do percentual de remoção do tensoativo a fim de verificar sua eficiência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRIA DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL

A história da produção têxtil no Brasil tem seu início ainda no período colonial, de acordo com Fujita e Jorente (2015), os primeiros relatos sobre a produção de tecidos estão presentes nos textos de Pedro Vaz de Caminha, quando o autor relata avistar uma mulher com esse tipo de material envolto ao colo. Uma cultura tão bem instalada como a do algodão naquela época serviu como mola propulsora para o início da industrialização têxtil, todavia, o estabelecimento da manufatura não foi tão fácil assim, pois a corte portuguesa controlava o mercado brasileiro e em pouco tempo todas as manufaturas têxteis foram proibidas pela Rainha Maria I, alegando desvio de mão de obra de outros setores mais rentáveis para a Coroa, como agricultura e mineração (FUJITA E JORENTE, 2015).

De acordo com Lobo, Limeira e Marques (2014), após 1844 surgiu a primeira política brasileira para implementação de uma indústria nacional, este fenômeno foi motivado pela alta nas tarifas europeias, o governo brasileiro decide então investir em produção nacional, o que alavanca a indústria têxtil no país. Antes da Primeira Guerra Mundial o Brasil já contava com diversas indústrias bem instaladas e com pleno funcionamento, o que foi crucial para sobrevivência nos anos de guerras seguintes, na qual importações e exportações estavam comprometidas, mas a demanda interna seguia a todo vapor e este foi um fator importante para a consolidação da atividade industrial (LOBO, LIMEIRA E MARQUES, 2014).

Lobo, Limeira e Marques (2014), apontam que o período que se estende desde a segunda metade da década de 50 até os dias atuais é marcado pelo crescimento acelerado, com inovações e melhorias nos processos produtivos. Amorim (2011) aponta que no ano de 2011 o Brasil ocupava a 8ª posição no ranking dos maiores produtores têxteis, todavia sua participação no comércio internacional ainda não é tão significativa, o país apresenta a 26ª posição em exportação de produtos deste setor.

2.2. USO DA ÁGUA E PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS RELACIONADOS A PRODUÇÃO TÊXTIL

Dos 1386 milhões de km³ de água existente no planeta, apenas 2,5% correspondem a água doce, desse montante, cerca de 90% estão presentes em mananciais subterrâneos e os outros 10% estão disponíveis na superfície terrestre (FERRARI, 2007). De acordo com

Toledo (2004), os maiores consumidores de água doce disponível no mundo são a agricultura, cujo consumo gira em torno de 70%, seguido da indústria, com 22% de dispêndio.

Segundo Martins (1997), nos anos de 1970 as fábricas de beneficiamento têxtil utilizavam cerca de 100 L por quilo de tecido produzido. De acordo com Mello (2007), destaca-se um aumento nesse quantitativo, na qual utilizam-se cerca de 117 L para cada quilograma de tecido. Apesar da existência de uma política de prevenção e redução de resíduos liberados e também com o avanço das técnicas de produção, o setor têxtil não conseguiu diminuir a quantidade de água utilizada em seu processo, desta forma, a economia de água em processos industriais requer uma atenção especial devido ao valor que tem sido atribuído a este bem (KUNZ *et al.*, 2002).

A indústria têxtil é responsável por uma grande produção de efluentes aquosos contaminados. Como aponta Ferrari (2007), dentre os processos envolvidos na indústria têxtil, os que mais geram efluentes são os processos de lavagem, tingimento e acabamento, este resíduo, por sua vez, apresenta elevada complexidade química. O impacto ambiental desses efluentes têxteis, caracterizados por serem altamente coloridos (BELLO, 2000), vai muito além do efeito visual e desobediência a requisitos ambientais. A maioria dos corantes utilizados são sintéticos, os quais normalmente são tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos. Além de corantes, outros contaminantes perigosos, como metais pesados (chumbo, cromo, mercúrio e cádmio) podem estar presentes em efluentes produzidos por outros tipos de indústrias (MORAIS, 2007). Estes corantes possuem um enorme potencial de poluição, se liberados no meio ambiente são capazes de interferir na quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, bem como diminuir a penetração de luz solar, sendo assim podem degradar tanto a fauna quanto a flora (ALMEIDA, DILARRI E CORSO, 2016).

Desta forma, surge a preocupação em se adotar um processo de produção sustentável, na qual as empresas se adequem a processos que gerem resíduos em quantidades menores e menos tóxicos, utilizando menos energia, água e produtos químicos nocivos ao meio ambiente e por consequência à saúde humana (SANTOS, 1997).

2.3. CORANTES NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Os corantes têxteis podem ser definidos como compostos orgânicos que absorvem a luz na região do visível e pigmentam permanentemente os materiais como fibras, fios e

tecidos. A parte do corante responsável pela cor é denominado grupo cromóforo, já a fixação da cor é advinda do grupo auxocromo que está relacionado com os doadores e receptores de elétrons da molécula (SCHALLEMBERGER, 2021).

Segundo Guaratini e Zanoni (2000), a fixação dos corantes na indústria têxtil pode ser obtida por 4 tipos de ligações químicas: ligações iônicas, de hidrogênio, covalentes e de Van der Waals. Partindo dos métodos de ligação, as autoras afirmam ainda que os corantes podem ser classificados pelo modo em que são fixados à fibra têxtil em reativos, diretos, azóicos, ácidos, à cuba, de enxofre, dispersivos, pré-metalizados e branqueadores. Como afirma Pagan (2011), os corantes podem ser facilmente detectáveis a olho nu, mesmo que em baixas concentrações, esse fato pode ser entendido como uma vantagem e desvantagem ao mesmo tempo, isso porque uma pequena quantidade pode interferir nos corpos d'água que estão presentes, mas, pelo fato de serem facilmente visualizados, são propícios de receberem tratamentos devido ao impacto causado.

2.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Lei 6.938/81 em seu Art. 8, inciso I, estabelece que é competência do CONAMA, mediante propostas do IBAMA, estabelecer as normas e critérios para o licenciamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras. Cabe também ao CONAMA decidir como última instância administrativa em grau de recursos, mediante depósito prévio, sobre as multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA, de acordo com o Art. 8, inciso III desta mesma Lei (BRASIL, 1981).

Nesse viés encaixam-se as atividades que, de forma direta ou indireta, possam afetar os cursos d'água. A Resolução 001/86 do CONAMA é a responsável por ditar as atividades que são passíveis de licenciamento ambiental, já a Resolução nº 430/11 do CONAMA apresenta as condições e padrões de lançamento destes efluentes, destacando que os descartes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (BRASIL, 1981).

Segundo a resolução do CONAMA (BRASIL, 1981), os padrões para lançamento de efluentes industriais nos corpos híbridos devem estar dentro dos seguintes limites:

- pH entre 5 e 9;
- Temperatura menor que 40°C;
- Concentração de materiais sedimentáveis de até 1 ml/L em teste de 1 hora em cone Imhoff (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;
- Concentração de 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%.

No âmbito estadual temos a RESOLUÇÃO CONJUNTA N° 02, de 27 de agosto de 2014, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte – SEMARH, do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – CONEMA e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH. A resolução trata das diretrizes e procedimentos para obtenção do direito de uso dos recursos hídricos para lançamento de efluentes líquidos e da licença ambiental dos sistemas públicos de esgotamento sanitário. Em seu conteúdo, a resolução aborda que cabe ao CONEMA e ao CONERH a análise e aprovação do licenciamento ambiental e autorização do lançamento de efluentes em corpo hídrico intermitente ou efêmero.

2.5. TRATAMENTOS

Como aponta Twardokus (2004), as impurezas presentes nos efluentes aquosos da indústria têxtil geralmente são inerentes à matéria-prima e estão relacionados com os processos de fiação e tecelagem, também se apresentam como produtos químicos auxiliares e corantes liberados, as quantidades, por sua vez, dependem das fibras que são utilizadas para confecção dos tecidos. Devido as implicações ambientais relacionadas com esses efluentes é de fundamental importância o conhecimento dos principais sistemas de tratamento utilizados no setor industrial (ANTONIALLI *et al.*, 2009).

Segundo Correia (2003), é um problema determinar o tratamento ideal para aplicar aos efluentes têxteis devido ao fato de que além de possuírem um elevado volume, possuem também uma composição química variada, que vão desde corantes não biodegradáveis até substâncias tóxicas.

Pagan (2011) afirma que na indústria têxtil, geralmente utiliza-se para o tratamento os processos de coagulação seguida por flotação e sedimentação, esses processos se mostram eficientes para a remoção de sólidos, todavia é ineficiente para remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos. Segundo Hemkemeier (2005), os métodos de adsorção em carvão ativado são satisfatórios no quesito remoção da cor, porém são limitados para a adsorção de corantes catiônicos, isso ocorre devido ao caráter positivo da superfície química do carvão.

Há ainda os processos que são baseados em operações de precipitação e coagulação, seguidos de tratamentos biológicos de sistemas de lodo ativo, que prometem remoção significativa da carga de corantes, em cerca de 80% (KUNZ, *et al.*, 2002). Além disso, como mencionado por Pagan (2011) existem algumas técnicas de degradação química que se baseiam na oxidação dos corantes utilizando cloro ou ozônio.

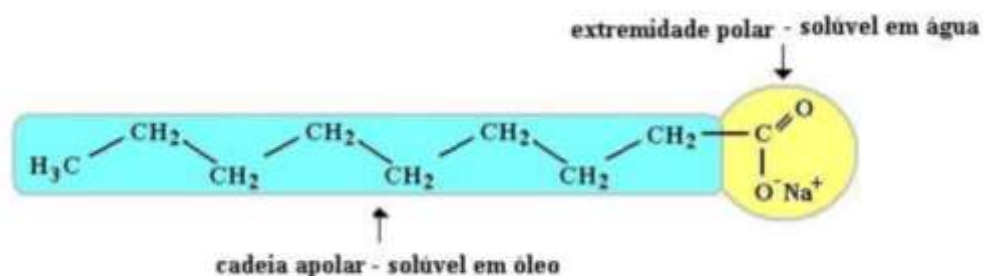
Os tensoativos surgem como uma alternativa recente para o tratamento de efluentes da indústria têxtil, como apresenta Melo (2015), dois métodos de extração recebem destaque para essa aplicação. O primeiro deles é a extração por ponto de nuvem, os tensoativos não iônicos apresentam a característica de temperatura de nuvem, tornando-se turvo, na presença de água o tensoativo apresenta uma fase conhecida como coacervato, se existirem produtos orgânicos na solução eles irão se juntar a essa fase, podendo além de diferenciar as fases, separá-las. A segunda forma de tratamento é a floculação iônica, neste processo utiliza-se tensoativos aniônicos que interagem com os corantes dispersos, quando adiciona-se metais multivalentes formam-se flocos insolúveis que seguem para processos adequados de separação para retirada dos flocos (MELO, 2015).

2.6. TENSOATIVOS

Tensoativos, ou surfactantes como também são conhecidos, são substâncias químicas que possuem afinidade tanto por gorduras e óleos, quanto pela água, sendo assim, pertencentes ao grupo das substâncias anfifílicas (DALTIM, 2011). Segundo Hunter (1992), esse aspecto é advindo da sua estrutura molecular, que por sua vez apresenta uma extremidade

hidrofílica, que interage com substâncias polares, e a outra hidrofóbica, que se unem a substâncias apolares. São essas características garantem a adsorção nas interfaces líquido-líquido, líquido-gás ou sólido-líquido (ROSSI *et al.*, 2006). A Figura 1 mostra uma representação de um tensoativo.

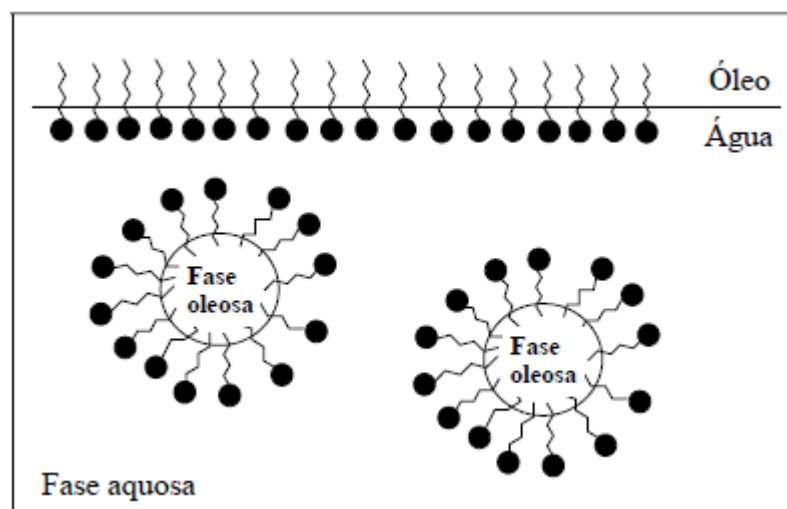
Figura 1: Representação de uma molécula de Tensoativo



Fonte: CURBELO, 2006

Como afirma Dantas *et al.* (2003), a cabeça polar e a cauda apolar do tensoativo garantem que para cada uma das partes tem-se solubilidades distintas, dessa forma quando os tensoativos estão contidos em um meio de água e óleo a parte apolar irá se ligar ao óleo, enquanto a parte polar irá se ligar a água, formando uma região de fronteira entre as duas substâncias. A estabilidade da camada formada vai estar diretamente relacionada com a natureza da composição dos grupos hidrofílicos que formam o tensoativo (SOUZA, 2006). Como descreve Rossi (2007), o forte poder polar da molécula de tensoativos é responsável pela capacidade de solubilizar substância lipofílicas em água. Uma representação desse fenômeno é apresentado na Figura 2.

Figura 2: Representação de tensoativo em mistura de água e óleo



Fonte: ROSSI, 2007

Daltin (2011) afirma que as características que envolvem os tensoativos garantem sua aplicação nos mais diversos âmbitos, uma vez que através da formação de emulsões, espumas, suspensões e microemulsões os surfactantes conseguem conciliar fases imiscíveis, torna-se possível aplica-los nas indústrias farmacêuticas, automobilísticas, alimentícia e até mesmo nos agroquímicos.

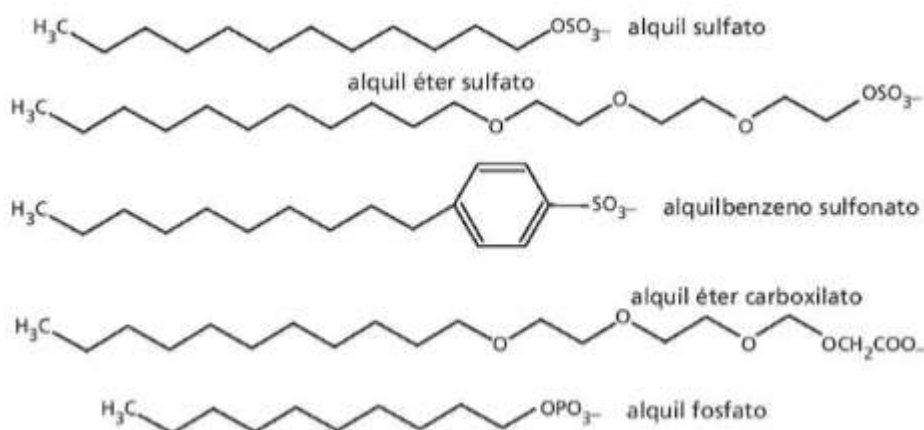
2.6.1. Classificação dos tensoativos

Os tensoativos podem ser classificados de acordo com a carga do seu grupo polar, podendo se subdividir em aniônicos, catiônicos, não iônicos, zwitteriônicos ou anfóteros (DALTIM, 2011). Uma outra classificação é abordada por Vale (2009), que é baseada na estrutura química do tensoativo.

2.6.1.1. Tensoativos aniônicos

Segundo Rossi (2007), os tensoativos aniônicos apresentam cargas elétricas negativas na parte hidrofílica, ao se dissociarem em água. Atualmente, são os tensoativos mais produzidos, possuem também menor custo de produção e estão envolvidos na formulação de sabões e detergentes (DALTIM, 2011). O autor ainda afirma que os grupos polares que estão presentes nessa classificação são: carboxilato, sulfatos, sulfonato e fosfato. A Figura 3 mostra as estruturas mais comuns dos tensoativos aniônicos.

Figura 3: Estrutura de alguns tensoativos aniônicos



Fonte: DALTIN, 2011

2.6.1.2. Tensoativos catiônicos

De acordo com Daltin (2011), os tensoativos catiônicos, em sua grande maioria, apresentam pelo menos um átomo de nitrogênio com uma carga positiva. Essa classe de tensoativos quando dissociam em água originam íons carregados positivamente (ROBERTO, 2010). Os tensoativos catiônicos que recebem maior destaque e são mais utilizados são os de amônio quaternário que não apresentam sensibilidade ao pH como os que são formados por grupos de aminas, como aponta Curbelo (2006).

Os tensoativos catiônicos conseguem diminuir a tensão superficial e formam micelas tanto em meio aquoso, quanto em meio hidrofóbico, mas diferente dos tensoativos aniônicos, estes possuem propriedades detergentes ruins, uma vez que a estabilização da sujidade em água é bastante pobre, entretanto, apresentam alta adsorção em superfícies, sendo empregados como agentes antiestáticos e lubrificantes, além de atuarem como ótimos bactericidas (DALTIN, 2011).

2.6.1.3. Tensoativos não-iônicos

Os tensoativos não iônicos não dissociam-se em íons ao serem dissolvidos em água, a sua solubilidade é proveniente dos agrupamentos funcionais que possuem forte afinidade com a água, dessa forma esse grupo apresenta vantagens em relação aos demais por serem compatíveis com outros tipos de tensoativos (ROBERTO, 2010). Segundo Daltin (2011), o mercado de tensoativos não iônicos é dominado pelos tensoativos etoxilados. Em geral, esse

grupo possui uma parte polar constituída por uma cadeia polioxietilênica ligadas a uma parte apolar (DALTIM, 2011). Segundo Rossi (2007), como exemplos de tensoativos não iônicos podemos citar: o nonilfenol etoxilados, álcoois graxos etoxilados e o propilenoglicoletoxilado.

2.6.1.4. Tensoativos zwitteriônicos e anfóteros

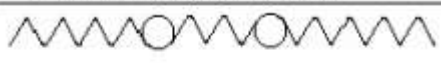
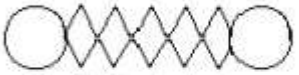
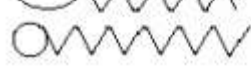
Como mencionado por Daltin (2011), os tensoativos zwitteriônicos apresentam os grupos polares aniônicos e catiônicos ao mesmo tempo, o agrupamento positivo é derivado de amônio, enquanto o negativo geralmente é derivado do carboxilato, todavia pode apresentar variações. Este grupo é amplamente utilizado na elaboração de fármacos dermatológicos e na área de cosméticos (DALTIM, 2011). Já os tensoativos anfóteros, em solução aquosa apresentam cargas positivas ou negativas a depender do pH em que estão inseridos, quando estão no ponto isoelétrico (pH que ocorre a mudança da carga) as propriedades físico-químicas destes tensoativos se aproximam dos tensoativos não iônicos (ROBERTO, 2010). De acordo com Vale (2009), os aminoácidos e as betaínas são os principais tipos de tensoativos anfóteros.

2.6.1.5. Classificação quanto a estrutura

Vale (2009) apresenta a seguinte classificação, a Figura 4 ilustra cada um dos tipos:

- Monocatenário clássico: possui apenas uma cadeia hidrocarbonada ligada simples;
- Bicatenário clássico: possuem duas cadeias hidrocarbonadas ligadas a parte polar;
- Trivatenário clássico: parte polar ligado a três cadeias hidrocarbonadas;
- Geminado: duas partes polares, cada uma com uma cadeia alquilada, interligadas;
- Bolaforme: também possuem duas partes polares ligadas, porem cada uma delas ligadas a cadeias hidrocarbonadas;
- Assimétricos: possui centros de quiralidade na parte polar.

Figura 4: Estrutura de alguns tensoativos aniônicos

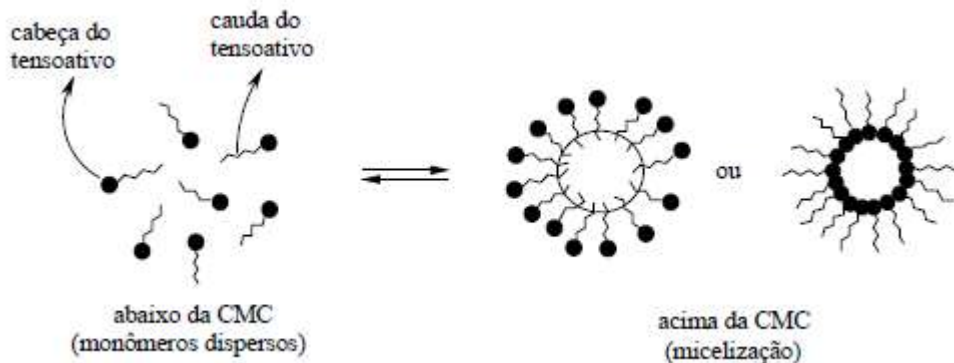
Estrutura do tensoativo	Tipo de tensoativo
	Geminado
	{ Bolaforme
	
	Bicatenário
	Tricatenário
	Tensoativo assimétrico

Fonte: VALE, 2009

2.6.2. Formação de micelas

Como aponta Roberto (2010), os tensoativos apresentam como propriedade fundamental a capacidade de se adsorverem em interfaces, quando estão em solução as moléculas se juntam para formação de monômeros. Quando adicionamos uma quantidade de tensoativos em determinado solvente a orientação nas interfaces tende a atingir um valor limite a medida em que aumentamos a quantidade de tensoativo, quando esse valor atinge a saturação as moléculas não conseguem mais adsorver e inicia-se uma formação de agregados moleculares conhecidos como micelas (VALE, 2009). A Figura 5 representa essa mudança.

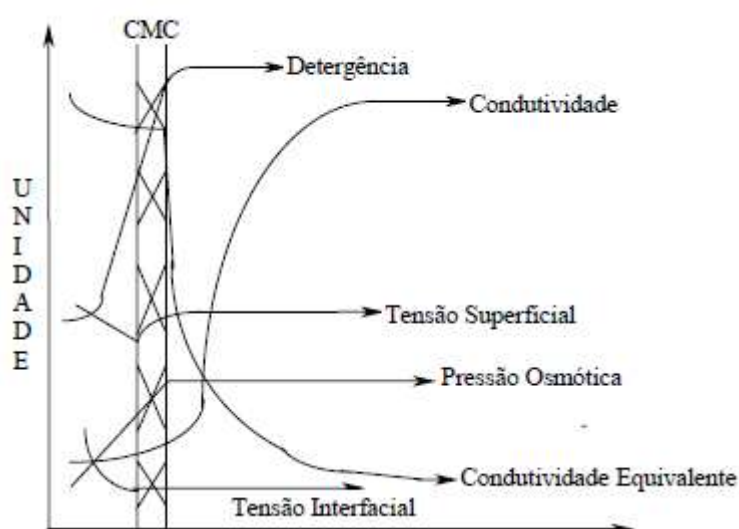
Figura 5: Formação de micelas



Fonte: ROSSI, 2007

A concentração que inicia o processo de micelização é denominado concentração micelar crítica (CMC), cada tensoativo possui seu ponto característico a depender de alguns fatores como temperatura, natureza do meio em que é inserido e impurezas (ROBERTO, 2010). Segundo Rossi (2007), as propriedades físico-químicas dos tensoativos apresentam certa constância para concentrações abaixo da CMC, todavia quando este ponto é atingido percebem-se mudanças nas propriedades. A Figura 6 apresenta o modo como essas características se comportam antes e depois da micelização.

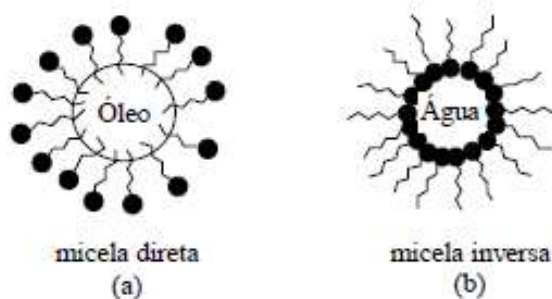
Figura 6: Propriedades físico-químicas de um tensoativo



Fonte: adaptado de ROSSI, 2007

Para os tensoativos iônicos, a orientação das moléculas é a seguinte: na micela direta (O/A) a parte hidrofóbica se agrupa no interior da micela a fim de ter o menor contato possível com a água, enquanto a parte hidrofílica fica direcionada para a parte aquosa, esse tipo de orientação ocorre quando o meio é predominantemente composto de água; o segundo tipo de orientação ocorre de maneira inversa à anterior, micela inversa ou do tipo A/O, e ocorre quando o meio é rico em óleo (ROSSI, 2007). A Figura 7 é uma representação da formação micelar destes tensoativos.

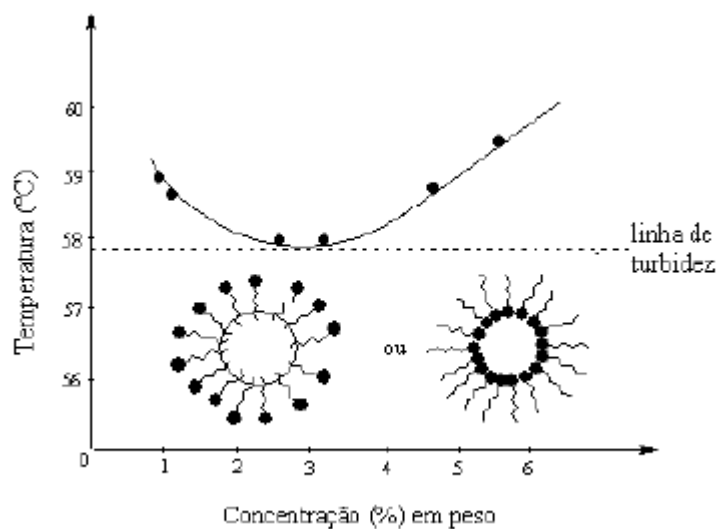
Figura 7: Representação esquemática da formação micelar diretas ou inversas de tensoativos iônicos



Fonte: ROSSI, 2007

Já os tensoativos não iônicos se comportam de maneira um pouco distinta, devido ao fato da molécula do tensoativo não possuir parte polar, estes tensoativos são caracterizados pelo ponto de perturbação (VALE, 2009). De acordo com Roberto (2010), a medida em que a temperatura sobe a solução começa a torna-se turva, se dividindo em duas fases, indicando a formação da micela, a temperatura necessária para que isso ocorra é conhecida como ponto de turbidez (ou de perturbação), como mostra a Figura 8.

Figura 8: Representação esquemática da formação micelar diretas ou inversas de tensoativos não iônicos

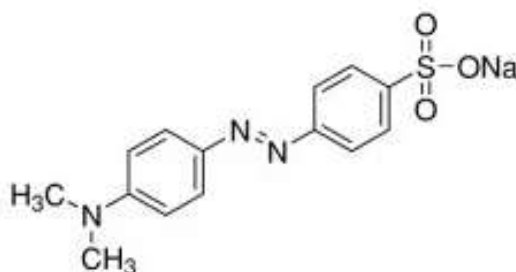


Fonte: ROSSI, 2007

2.7. ALARANJADO DE METILA

O alaranjado de metila é um corante sintético que possui apenas um agrupamento azo, sendo assim classificado como corante monoazo. Sua fórmula molecular é $\text{CH}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$, e sua massa molecular é de 327,33 g/mol, o grupo funcional sulfônico garante a sua solubilidade em água. De acordo com Sá *et al.* (2020), esse corante apresenta dificuldade no processo de remoção em águas residuais devido a sua alta estabilidade em processos fotoquímicos. A Figura 10 apresenta a estrutura do alaranjado de metila.

Figura 9: Estrutura química do alaranjado de metila

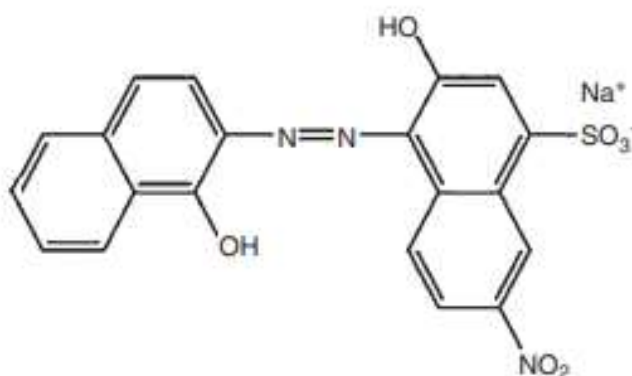


Fonte: VHTEX, 2021

2.8. PRETO DE ERIOCROMO

De acordo com Almeida (2017), o preto de eriocromo é um corante ácido que possui em sua estrutura química um agrupamento do tipo azo. Sua fórmula molecular é $C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$, possui massa molar de 461,38 g/mol e apresenta solubilidade em água a 20°C. O preto de eriocromo é amplamente empregado como indicador metacromico em titulações. A autora afirma que é um corante que possui difícil tratamento e por isso ainda existem poucos trabalhos dedicados a análise do tratamento dessa substância. A Figura 11 apresenta a estrutura química do preto de eriocromo.

Figura 10: Estrutura química do preto de eriocromo



Fonte: Almeida et al. 2017

2.9. ALCOOL CETOESTERARÍLICO

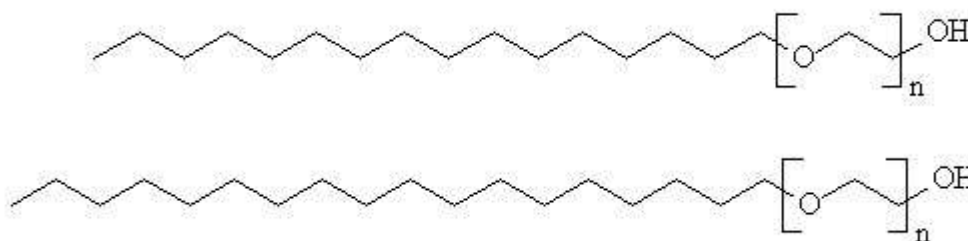
De acordo com o dossiê técnico do fabricante, o álcool Cetoestearílico consiste em um tensoativo amplamente empregado como agente emulsionante, comumente utilizado em formulações cosméticas e farmacêuticas, proporcionando lubricidade, consistência, emoliência e estabilidade. É empregado também na composição de cremes, tônicos, géis, shampoos e demais produtos cosméticos.

O catálogo 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 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 cetoestearílico forma emulsões com microestruturas muito complexas. Estas microestruturas podem incluir cristais líquidos, estruturas lamelares e fases de gel.

A Figura 9 apresenta a estrutura molecular do álcool cetoesterarílico.

Figura 11: Estrutura molecular do Álcool Cetoestearílico



Fonte: COSMÉTICA EM FOCO, 2021

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve seus procedimentos experimentais realizados nos Laboratório de Química Geral e Química Aplicada à Engenharia na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Campus Caraúbas, localizada na cidade de Caraúbas, no Estado do Rio Grande do Norte. Foram preparadas as soluções com os corantes alaranjado de metila e preto de eriocromo, utilizados para representar os efluentes da indústria têxtil. Também foram produzidas as soluções com o tensoativo Álcool Cetoestearílico. A eficiência na remoção dos corantes foi observada com o uso do equipamento UV-visível.

3.1. MATERIAIS E REAGENTES

Os materiais e reagentes utilizados neste trabalho estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais e Reagentes utilizados

MATERIAL	FABRICANTE
Balança analítica	SHIMADZU AUY220
UV - Visível	PG instruments Ltd
Centrífuga	QUIMIS, modelo: centrífuga de tubos
Tensoativo Álcool Cetoestearílico	JACY
Corante Alaranjado de Metila	Vetec
Corante Preto de Eriocromo	Vetec
Água destilada	
Álcool absoluto 99,5%	ITAJA
Béqueres, conta gotas, balões volumétricos, bastão de vidro, pipetas	

Fonte: Autoria própria

3.2. DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE CALIBRAÇÃO DOS CORANTES

Para determinar a curva de calibração do corante alaranjado de metila inicialmente foi pesado em um béquer 0,2004 g de alaranjado de metila, diluído em aproximadamente 60 ml

de água destilada aquecida, após o resfriamento o material foi totalmente transferido para um balão volumétrico de 100 ml e completado o volume com água destilada a temperatura ambiente (MORITA; ASSUMPÇÃO, 2007). A concentração da solução foi obtida através da equação 1:

$$c = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{volume do solvente}} = \frac{0,2004g}{0,1L} = 2,004 \frac{g}{L} \quad (1)$$

Através dessa solução inicial foram produzidas soluções com concentrações de 4, 8, 12, 16 e 20 mg/L, concentrações apontadas no trabalho de MARTENDAL *et al.* (2011), por meio da Equação 2.

$$c_1 \times v_1 = c_2 \times v_2 \quad (2)$$

A Figura 12 mostra as soluções de alaranjado de metila. Depois de prontas as soluções foram levadas ao UV-visível a 464 nm, absorbância máxima para o corante descrita por MARTENDAL, *et al.* (2011), para obtenção da curva de calibração do corante, além das soluções mencionadas realizou-se também a leitura do branco.

Figura 12: Soluções do corante alaranjado de metila em diferentes concentrações



Fonte: autoria própria

Como descrito por Vaz (2014), para o corante preto de eriocromo foi pesado em um béquer 0,1150 g do corante e diluído em 1L de água destilada. A solução mãe apresentou concentração de 115 mg/L. De maneira análoga ao que foi realizado com o alaranjado de metila, a partir da solução mãe foram preparadas soluções com as seguintes concentrações: 75, 60, 45, 30 e 15 mg/L, que junto com o branco foram levadas ao UV-visível a 612 nm, comprimento de onda máximo para o corante apontado por Vaz (2014), para determinação da curva de calibração.

3.3. DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DO TENSOATIVO

Como o álcool cetoestearílico etoxilado é um tensoativo não iônico, sua solução foi preparada utilizando etanol (álcool absoluto 99,5%). Inicialmente foi pesado 1,0026 g do tensoativo dissolvendo-se em 100 ml de álcool, obtendo 10,026 g/L (Equação 1). Através dessa solução inicial foram produzidas outras três soluções de 8, 4 e 1 g/L, concentrações utilizadas no trabalho de MORAIS (2021), utilizando a Equação 2.

3.4. REMOÇÃO DOS CORANTES POR TENSOATIVO

Para realizar a remoção do corante dos efluentes, foi reproduzido uma mistura das soluções de corante e tensoativos produzidas anteriormente. Em um tubo de ensaio adicionou-se 5 ml de cada uma das concentrações dos corantes, logo em seguida em cada um dos tubos foi adicionado 5 ml do tensoativo, o procedimento foi realizado para os dois corantes analisados, bem como para cada uma das concentrações de tensoativo, 8, 4 e 1 g/L. Os tubos de ensaio contendo a solução de corante + tensoativo foram misturados e em seguida levados para uma centrífuga, para melhor separação. Após a separação o sobrenadante foi levado para análise no UV-visível. Após a coleta dos dados, estes foram levados para análise no software Origin 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ALARANJADO DE METILA

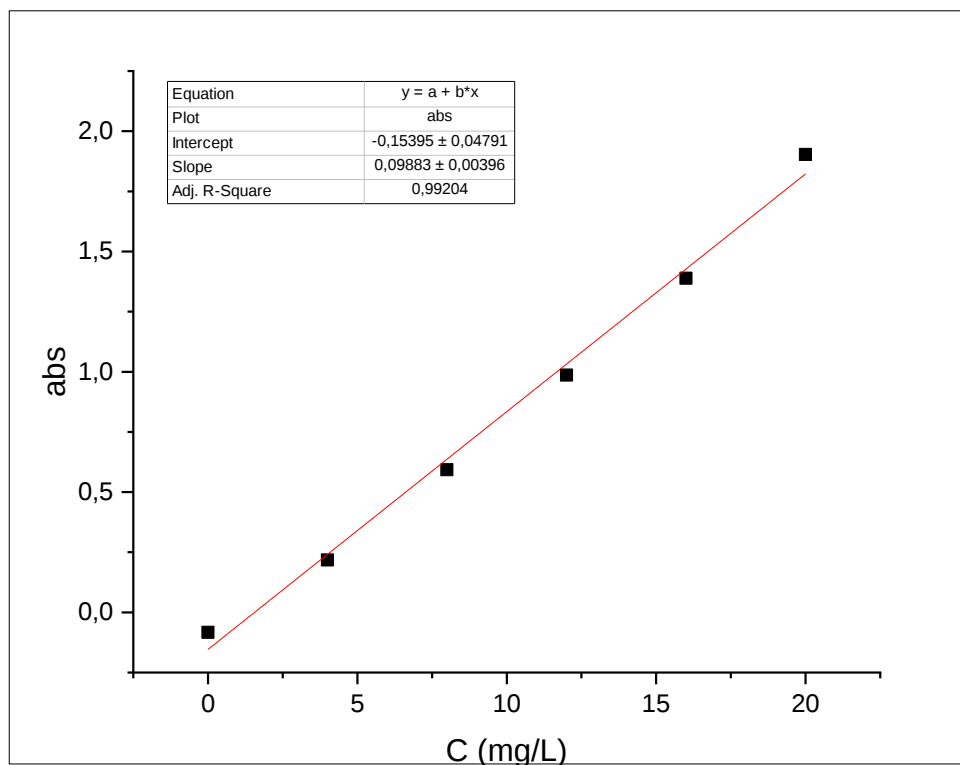
A curva de calibração foi obtida plotando as absorbâncias em função da concentração utilizando o software Origin 2018, como mostra a Figura 13. A Tabela 2 mostra os valores de absorbância das concentrações e do branco. Após a regressão linear, utilizando a equação da reta $y = a + bx$, obteve-se $R^2 = 0,99204$, $a = -0,15395$ e $b = 0,09883$.

Tabela 2: Valor das absorbâncias das soluções de corante alaranjado de metila

Concentração(mg/L)	absorbância
0	-0,083
4	0,218
8	0,593
12	0,986
16	1,389
20	1,903

Fonte: autoria própria

Figura 13: Curva de calibração do corante alaranjado de metila

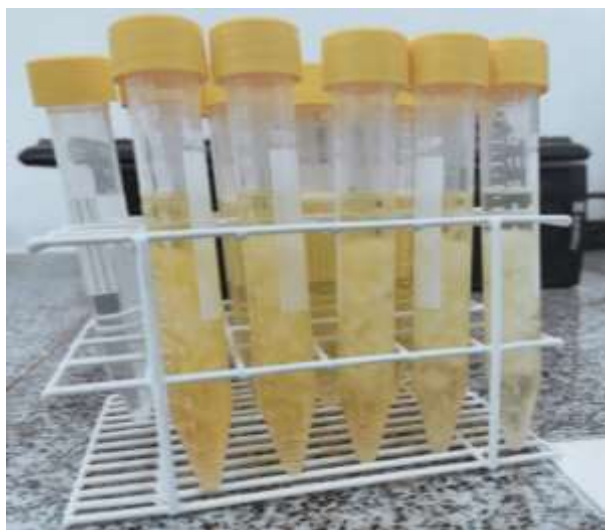


Fonte: autoria própria

4.2. REMOÇÃO DO ALARANJADO DE METILA POR TENSOATIVO

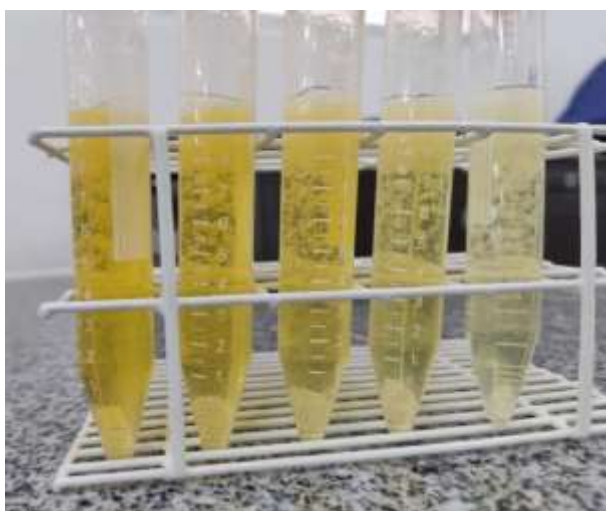
Nos tubos da centrífuga foram colocados 5 ml de tensoativos para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L, em seguida adicionou-se nos tubos as soluções do alaranjado de metila com as concentrações de 4, 8, 12, 16 e 20 mg/L. Os tubos foram colocados na centrífuga onde permaneceram por 30 minutos a 3400 rpm como mostram as Figuras 14, 15 e 16, após a centrifugação, o sobrenadante foi levado para o UV-visível para quantificação da remoção do corante do efluente.

Figura 14: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 8 g/L



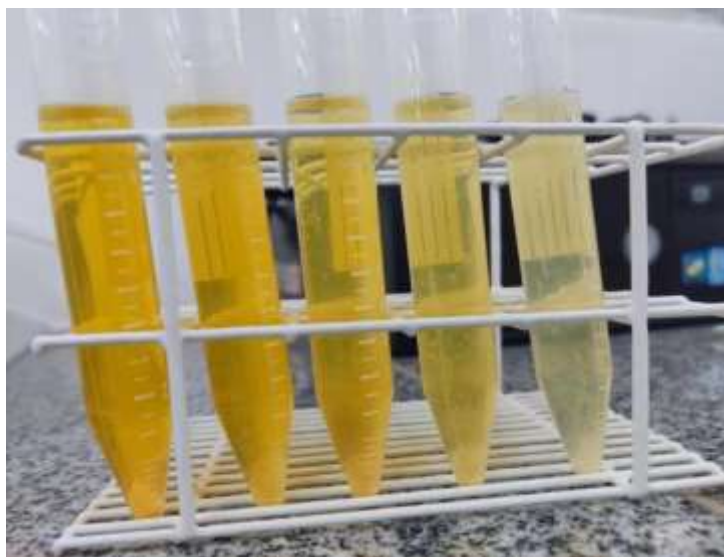
Fonte: autoria própria

Figura 15: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 4 g/L



Fonte: autoria própria

Figura 16: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções com tensoativo a 1 g/L



Fonte: autoria própria

Os resultados das leituras de absorvâncias do sobrenadante no UV-visível podem ser observadas nas Tabelas 3, 4 e 5 para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L respectivamente.

Tabela 3: Absorvâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 8 g/L

<i>Concentração do corante</i>	<i>absorvância</i>
0	-0,011
4	0,109
8	0,286
12	0,473
16	0,691
20	0,877

Fonte: autoria própria

Tabela 4: Absorbâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 4 g/L

<i>Concentração do corante</i>	<i>absorbância</i>
0	-0,013
4	0,197
8	0,478
12	0,639
16	0,846
20	0,995

Fonte: autoria própria

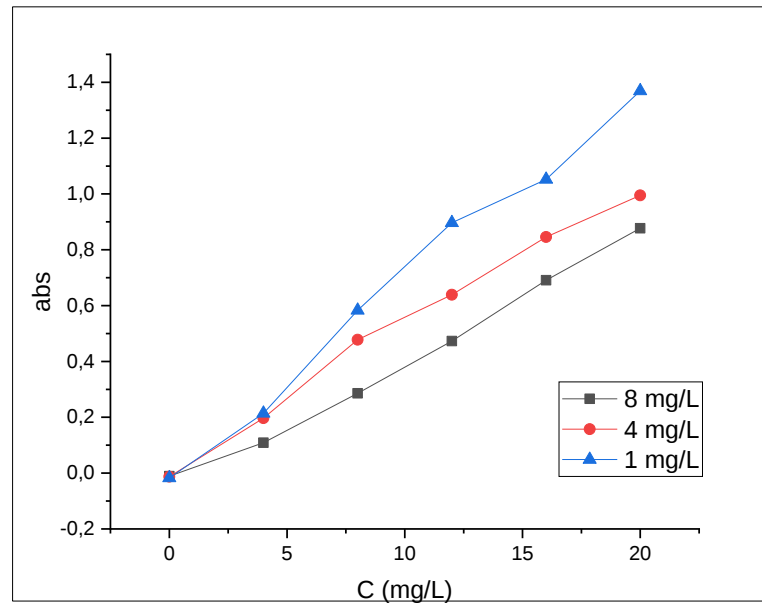
Tabela 5: Absorbâncias obtidas para a soluções de alaranjado de metila, com concentração de tensoativo de 1 g/L

<i>Concentração do corante</i>	<i>absorbância</i>
0	-0,017
4	0,214
8	0,583
12	0,897
16	1,052
20	1,369

Fonte: autoria própria

A Figura 17 mostra o gráfico da absorbância em função da concentração de corante para as três soluções de tensoativos com concentrações de 8, 4 e 1g/L.

Figura 17: Absorbância das concentrações de alaranjado de metila para as três diferentes concentrações de tensoativos



Fonte: Autoria própria

A Figura 17 mostra que a remoção do corante foi mais eficiente quando o tensoativo apresentava concentração de 8 g/L, é observada também uma constância na taxa de remoção em todas as concentrações analisadas.

A Tabela 6 apresenta a concentração final das soluções depois da remoção do corante. Utilizando a equação 3, as absorbâncias obtidas após a remoção do corante e a equação da reta apresentada na seção 4.1, foi possível calcular a concentração final.

$$c = \frac{abs - a}{b} \quad (3)$$

Tabela 6: Concentrações, em mg/L, após a remoção do alaranjado de metila por tensoativo a 8, 4 e 1g/L

Concentração do corante (mg/L)	8 g/L de tensoativo	4 g/L de tensoativo	1 g/L de tensoativo
0	0	0	0
4	1,2955	3,5916	3,7630
8	3,5113	6,4241	7,4826
12	5,6263	8,0471	10,6478
16	7,4288	10,1337	12,2102
20	9,5538	11,6356	15,4056

Fonte: Autoria própria

A remoção, em termos de concentração, pode ser observada na Tabela 7. O cálculo da remoção foi determinado através da equação 4, na qual C_r representa a concentração removida pelo tensoativo, C_i a concentração inicial e C_f a concentração final.

$$C_r = C_i - C_f \quad (4)$$

Tabela 7: Remoção da concentração de alaranjado de metila por tensoativo

Concentração do corante (mg/L)	8 g/L de tensoativo	4 g/L de tensoativo	1 g/L de tensoativo
0	0	0	0
4	2,7045	0,4084	0,2370
8	4,4887	1,5759	0,5174
12	6,3737	3,9529	1,3522
16	8,5712	5,8663	3,7898
20	10,4462	8,3644	4,5944

Fonte: autoria própria

Na Tabela 8 temos o percentual de redução nas absorvâncias das soluções. Os valores foram obtidos após o comparativo dos valores da absorvância inicial, antes da remoção, e final, após realizada a remoção por tensoativo.

Tabela 8: Porcentagem na redução da absorvância das soluções de alaranjado de metila para as concentrações de tensoativo

Concentração do corante (mg/L)	Redução do índice de absorvância para as concentrações de tensoativo		
	8 g/L de tensoativo	4 g/L de tensoativo	1 g/L de tensoativo
0	0	0	0
4	50%	9,63%	1,83%
8	51,77%	19,39%	1,68%
12	52,03%	35,19%	9,02%
16	50,25%	39,09%	24,26%
20	53,91%	47,71%	28,06%

Fonte: autoria própria

Como é possível perceber, a remoção ocorreu de maneira mais significativa quando o tensoativo apresentava concentração de 8 g/L, apresentando uma redução de 53,91% (Tabela 8) correspondente a uma diminuição da concentração de 10,4462 mg/L (tabela 7), redução mais significativa dentre as analisadas. Esse percentual de remoção se mostra satisfatório, uma vez que trabalhos como o de Morais (2021), aponta índices equivalentes para as melhores condições de remoção do corante azul de metileno utilizando o álcool cetoesterarílico. De um modo geral a remoção mais eficiente ocorreu quando os tensoativos apresentavam concentrações mais elevadas e os corantes estavam mais concentrados. Quando empregado o tensoativo com concentração de 1 g/L percebemos que para baixas concentrações do corante a remoção foi pouco significativa e mesmo para soluções mais concentradas do alaranjado de metila, sua remoção ficou abaixo de 30%.

Notou-se também que a floculação da solução aumentava a medida em que aumentávamos a concentração do tensoativo. A princípio, a floculação notada para a solução com tensoativo a 8 g/L parecia ser um problema, mas percebeu-se que ao inclinar

delicadamente o tubo, o sobrenadante era facilmente removido, notou-se que este era mais límpido do que as soluções formadas com tensoativo a 1 e 4 g/L.

Ainda foram realizados testes de remoção com o tensoativo a 10 g/L, todavia a floculação ficava muito alta ao ponto de solidificar, de modo que não era possível separar o sobrenadante. O que ocorre para concentrações muito altas de tensoativo é que com aumento da concentração eleva-se a quantidade de cargas, provenientes da ionização do tensoativo pelo álcool etílico, isto sucumbe em uma desestabilização das micelas.

Por outro lado, utilizar tensoativos a concentrações muito próximas da CMC gera um risco muito grande da não formação de micelas e consequentemente não haverá remoção. Utilizar concentrações de tensoativo abaixo de 1 g/L poderia gerar o risco de não formação das micelas na solução e, consequentemente, não houvesse remoção de ambos os corantes estudados. Além do que foi acima exposto, como a remoção utilizando a concentração de 1 g/L não se mostrou proveitosa, não foram realizados testes para o álcool cetoesterarílico com concentrações inferiores a 1 g/L.

4.3. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO PRETO DE ERIOCROMO

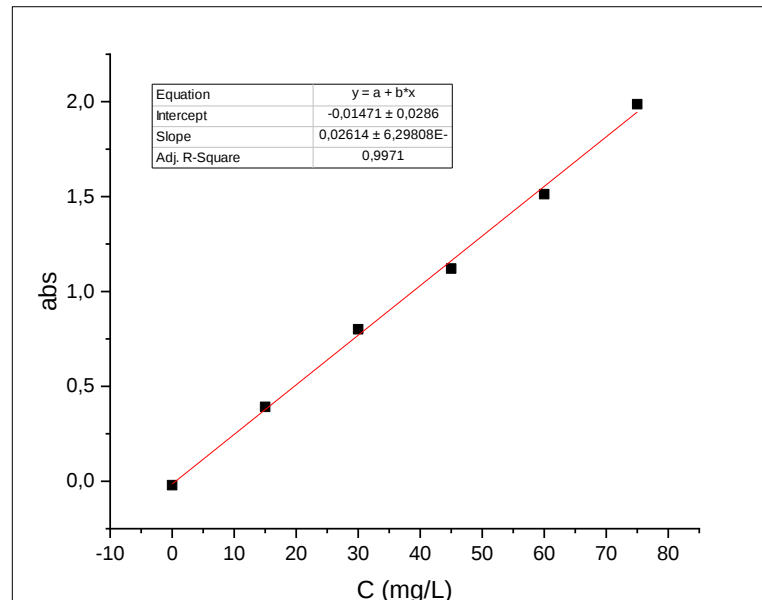
A curva de calibração foi obtida plotando as absorbâncias em função da concentração utilizando o software Origin 2018, como mostra a Figura 18. A Tabela 9 mostra os valores de absorbância das concentrações e do branco. Após a regressão linear, utilizando a equação da reta $y = a + bx$, obteve-se $R^2 = 0,9971$, $a = -0,01471$ e $b = 0,02614$.

Tabela 9: Valor das absorbâncias das soluções de corante preto de eriocromo

Concentração(mg/L)	absorbância
0	-0,021
15	0,392
30	0,801
45	1,121
60	1,513
75	1,987

Fonte: autoria própria

Figura 18: Curva de calibração do corante preto de eriocromo

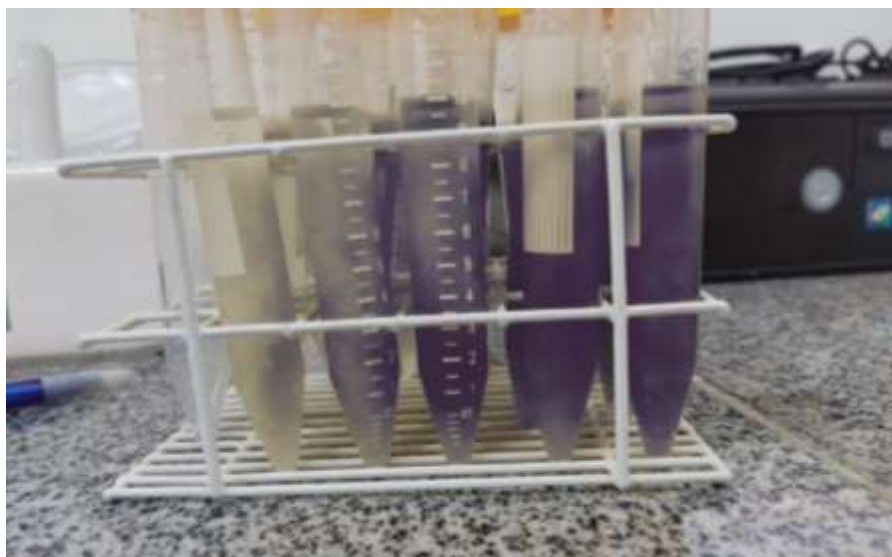


Fonte: autoria própria

4.4. REMOÇÃO DO PRETO DE ERIOCROMO POR TENSOATIVO

Nos tubos da centrífuga foram colocados 5 ml de tensoativos para as concentrações de 8, 4 e 1 g/L, em seguida adicionou-se nos tubos as soluções do preto de eriocromo com as concentrações de 15, 30, 45, 60 e 75 mg/L. Os tubos foram colocados na centrífuga onde permaneceram por 30 minutos a 3400 rpm. Após a centrifugação, o sobrenadante foi levado para o UV-visível para quantificação da remoção do corante do efluente, como mostra a Figura 19.

Figura 19: Remoção do corante após a centrifugação para as soluções de tensoativo a 8, 4 e 1 g/L



Fonte: autoria própria

Para todas as concentrações de tensoativo analisadas, a solução apresentou floculação intensa que dificultou a separação do sobrenadante, visualmente também não se observou mudanças na coloração antes e depois da remoção. Os resultados das leituras de absorbâncias do sobrenadante no UV-visível podem ser observadas nas Tabelas 10, 11 e 12 para as concentrações do álcool Cetoestearílico a 8, 4 e 1 g/L respectivamente.

Tabela 10: Absorbâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 8 g/L

Concentração(mg/L)	absorbância
0	-0,034
15	0,296
30	0,741
45	0,973
60	1,487
75	1,894

Fonte: autoria própria

Tabela 11: Absorbâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 4 g/L

Concentração(mg/L)	absorbância
0	-0,011
15	0,231
30	0,783
45	1,099
60	1,492
75	1,802

Fonte: autoria própria

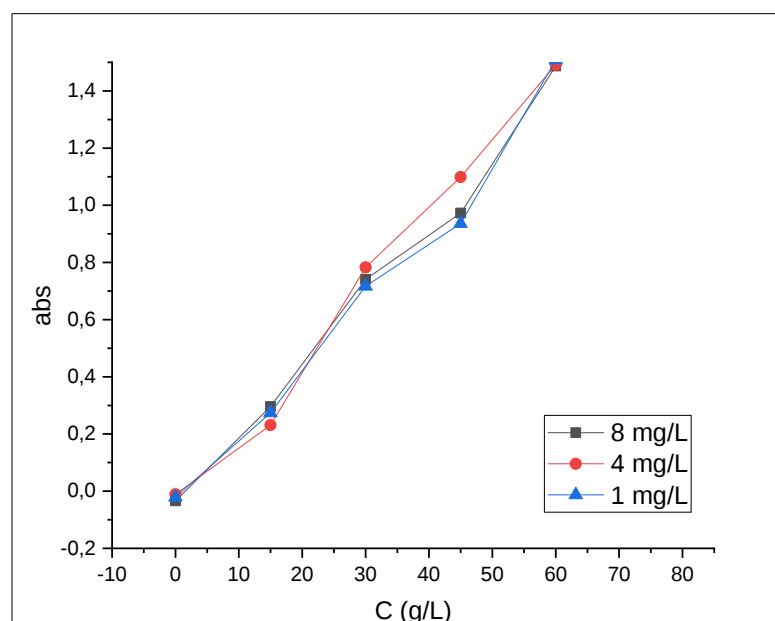
Tabela 12: Absorbâncias obtidas para a soluções de preto de eriocromo, com concentração de tensoativo 1 g/L

Concentração(mg/L)	absorbância
0	-0,021
15	0,274
30	0,717
45	0,936
60	1,508
75	1,852

Fonte: autoria própria

Com esses dados foi possível elaborar um gráfico da absorbância obtida em função da concentração de corante para as três soluções de tensoativos como mostra a Figura 20.

Figura 20: Absorbância das concentrações de preto de eriocromo para as três diferentes concentrações de tensoativos



Fonte: autoria própria

Notou-se que a redução em termos de absorbância não foi, de modo geral, tão significativa. A remoção não apresentou linearidade, o que indica que houve constância no índice de redução. Esse fato dificulta a avaliação a eficácia do uso do álcool cetosteárilico para remoção do preto de eriocromo, uma vez que o comportamento observado não possui um padrão que possa ser destacado.

A Tabela 13 apresenta a concentração final das soluções depois da remoção do corante. Utilizando a equação 3, as absorbâncias obtidas após a remoção do corante e a equação da reta apresentada na seção 4.3, foi possível calcular a concentração final.

Tabela 13:Concentrações, em mg/L, após a remoção do preto de eriocromo por tensoativo a 8, 4 e 1g/L

Concentração do	8 g/L de	4 g/L de	1 g/L de
-----------------	----------	----------	----------

corante (mg/L)	tensoativo	tensoativo	tensoativo
0	0	0	0
15	11,8863	9,3998	11,0448
30	28,9101	29,3914	27,9920
45	37,7853	42,6056	36,3699
60	58,2138	56,5145	58,2521
75	73,0187	69,4992	71,4120

Fonte: autoria própria

A remoção, em termos de concentração, pode ser observada na Tabela 14. O cálculo da remoção foi determinado equação 4, bem como realizado na seção 4.2.

Tabela 14: Remoção da concentração do preto de eriocromo por tensoativo

Concentração do corante (mg/L)	8 g/L de tensoativo	4 g/L de tensoativo	1 g/L de tensoativo
0	0	0	0
15	3,1136	5,6002	3,9552
30	1,0899	0,6086	2,0080
45	7,2146	2,3944	8,6301
60	1,7862	3,4855	1,7479
75	1,9813	5,5008	3,5880

Fonte: autoria própria

Na Tabela 15 temos o percentual de redução nas absorbâncias das soluções. Os valores foram obtidos após o comparativo dos valores da absorbância inicial, antes da remoção, e final, após realizada a remoção por tensoativo.

Tabela 15: Porcentagem na redução da absorbância das soluções de preto de eriocromo para as concentrações de tensoativo

Concentração do corante (mg/L)	Redução do índice de absorbância para as concentrações de tensoativo		
	8 g/L de tensoativo	4 g/L de tensoativo	1 g/L de tensoativo
0	0	0	0
15	24,49%	41,07%	30,10%
30	7,49%	2,25%	10,49%
45	13,20%	1,96%	16,50%
60	0,40%	1,39%	0,33%
75	4,68%	9,31%	6,79%

Fonte: autoria própria

Com os dados da Tabela 15 é possível perceber que quando a solução do preto de eriocromo apresentava baixa concentração, 15 mg/L, ainda foi possível remover até cerca de 40 % do corante na solução, valor este obtido para tensoativo a 4 g/L. Embora essa concentração tenha removido maior percentual para o corante em baixa concentração, para 30 e 45 mg/L de corante, a remoção ocorreu de maneira mais ineficiente, se comparado as soluções com tensoativos a 1 e 8 g/L. Para o tensoativo a 8 g/L, a remoção ocorreu de forma pouco eficiente também, observou-se que para essa concentração houve maior formação de parte sólida.

O que justifica a ineficiência do álcool Cetoestearílico para remoção do preto de eriocromo é o fato de que a molécula do corante apresentar tanto cargas positivas, quanto negativas, à medida que se aumentava tanto as concentrações de corante, quanto de tensoativo, que também foi ionizado pelo álcool etílico, ocorria um aumento significativo das cargas na solução, isso levou as moléculas a se desestabilizarem e flocularem. Devido a presença da parte sólida, o sobrenadante não pode ser removido adequadamente para avaliação.

5. CONCLUSÕES

- O uso de tensoativos para remoção de corantes nos efluentes da indústria têxtil apresenta-se como uma alternativa viável;
- Para o corante alaranjado de metila, a remoção pelo tensoativo álcool cetosteárilico é mais eficiente para concentrações intermediárias, 8 e 4 g/L, do que para concentrações muito baixas, 1 g/L, ou mais elevadas, acima de 10 g/L;
- Para o corante alaranjado de metila o estudo mostrou que é possível remover, em média, 50 % do corante na solução;
- Para o corante preto de eriocromo a remoção se mostrou ineficiente para o tensoativo álcool cetosteárilico devido a fácil desestabilização das micelas na solução;
- Para concentrações elevadas de tensoativo há uma desestabilização na micela, a amostra se torna sólida o que impede a remoção do corante;
- Para concentrações muito baixas, abaixo da CMC, não há formação de micelas, o que também impede a remoção dos corantes.

REFERENCIAS

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.

ALMEIDA, Janiele Mayara Ferreira de et al. Proposta de aula experimental utilizando a perlita expandida modificada com ortofenantrolina na remoção do negro de eriocromo T em resíduos de titulometria de complexação. **Educación Química**, v. 28, n. 3, p. 131-139, jul. 2017. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2017.01.001>.

AMORIM, Alberto Henrique. Competitividade internacional do complexo têxtil brasileiro no período 1998 a 2006. **REDIGE**, v. 2, n. 1, 2011.

ANTONIALI, N, *et al.* **Caracterização e Propostas de Tratamentos para Efluentes de Indústrias Têxteis.** VII Semana de Engenharia Ambiental. Campus Irati. 2009.

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

BRASIL. planalto. casa civil, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.

CORREIA, T., Redução do consume de Água e da Vazão de Efluentes Através do Gerenciamento das Fontes e Reutilização de Águas – a Experiência de Paulínia. **Petro & Química**, n. 251, p. 72-78, agosto de 2003.

COSMÉTICA EM FOCO. **Ceteareth-20.** 2021. Disponível em: <https://cosmeticaemfoco.com.br/materias-primas/ceteareth-20/>. Acesso em: 03 nov. 2021.

CURBELO, F. D. S. **Recuperação avançada de petróleo utilizando tensoativos**. 2006. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

DALTIN, Decio. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011. 345 p.

DANTAS, Tereza Neuma Castro *et al.* Rheological proprieties of a new surfactant based fracturing gel. *Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Nata, v 225, n 13, p. 129-135, set. 2003.

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

FUJITA, Renata Mayumi Lopes; JORENTE, Maria José. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Revista ModaPalavra**, São Paulo, v. 8, n. 15, p. 153-174, jan\jul 2015. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/5893/4139>. Acesso em: 15 out. 2021.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Revista Química Nova**, Volume 23, Issues 1, 71-78, 2000.

HEMKEMEIER, M. **Pós-tratamento de efluente de embalagens metálicas utilizando reator de batelada sequencial (RBS) para remoção da demanda química de oxigênio**. Campo Grande – MS, 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

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

KUNZ, A., *et al.* **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. *Quim. Nova*, 2002. 25: p. 78-82.

LOBO, Renato. N.; LIMEIRA, Erika.Thalita.Navas. P.; MARQUES, Rosiane.do. N. Fundamentos da Tecnologia Têxtil - Da Concepção da Fibra ao Processo de Estamparia. Editora Saraiva, 2014. 9788536520612. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520612/>. Acesso em: 26 out. 2021.

MARTENDAL, J. M. P, *et al.* **DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALÍTICOS DO ALARANJADO DE METILA POR ESPECTROSCOPIA UV-VIS.** In: Encontro Nacional de Tecnologia Química, IV, 2011, Rio de Janeiro.

MARTINS, G. B. H. (1997). **Práticas Limpas para a Redução da Poluição pelos Efluentes Gerados no Beneficiamento Têxtil das Indústrias de Santa Catarina.** Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação de Mestrado, 113p.

MELLO, J. M. M. **Biodegradação dos compostos BTEX em um reator com biofilme.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

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. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2021.

MORAIS, WILDSO A. **Determinação de regiões microemulsionadas utilizando tensoativos não iônicos.** 2007. Engenharia Química. Natal. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2007.

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

PAGAN, Érika Viana. **Reuso da água industrial:** estudo de caso em indústrias têxteis. 2011. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

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 *et al.* TENSOATIVOS: uma abordagem básica e perspectivas para aplicabilidade industrial. **Revista Universidade Rural Série Ciências Exatas e da Terra**, Seropédica, RJ, v. 25, p. 59-71, jan-dez, 2006.

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

SÁ, M. L. de *et al.* Remoção do alaranjado de metila em meio aquoso por microcristais de h-MoO_3 obtidos pelo método micro-ondas hidrotérmico. **Cerâmica**, [S.L.], v. 66, n. 378, p. 197-207, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132020663782901>.

SANTOS, Simone. IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELA INDÚSTRIA TÊXTIL. **Centro Tecnológico**, Florianópolis, p.1-8, jan. 1997.

SCHALLEMBERGER, Juliana Barden. **REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO O SUBSTRATO RESIDUAL DA PRODUÇÃO DE COGUMELO *Pleurotus ostreatus*: adsorção e degradação enzimática**. 2021. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SCHULZ, C. K. **Tratamento de efluentes oleosos utilizando processos de separação por membranas**. 2005. Departamento de Engenharia Química. Rio de Janeiro Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

SILVA, Gilson Lima. **Redução de corante em efluente de processo de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila**. 2005. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SOUZA, P. F. D. **Novas alternativas na quebra de emulsão de petróleo: sistemas microemulsionados.** 2006. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2006.

STICKDORNT, M. J. S. K. "**Microemulsions in Technical Processes.**" Chem. 1995.

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

TOZE, S. (2006). "**Reuse of effluent water-benefits and risks.**" Agricultural Water Management.

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

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.

VHTEX. **Alaranjado de Metila.** Disponível em:
https://www.vhtex.com.br/index.php?route=product/product&product_id=200320. Acesso em: 02 nov. 2021.