



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARIA NEUDNA DINIZ EVANGELISTA

**USO DA FLOCULAÇÃO DE TENSOATIVO PARA REMOÇÃO DE CORANTES:
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA E CONCENTRAÇÃO.**

PAU DOS FERROS/RN

Abril, 2018

MARIA NEUDNA DINIZ EVANGELISTA

**USO DA FLOCULAÇÃO DE TENSOATIVO PARA REMOÇÃO DE CORANTES:
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA E CONCENTRAÇÃO.**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Paulo Fonseca Melo
Coorientadora: Prof^a. Dra. Shirlene Kelly Santos Carmo

PAU DOS FERROS/RN

Abril, 2018

© 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.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pela autora

DE92u Diniz Evangelista, Maria Neudna.
 Uso da floculação de tensoativo para remoção de
 corantes: avaliação da cinética e concentração /
 Maria Neudna Diniz Evangelista. - 2018.
 30 f. : il.

 Orientador: Ricardo Paulo Fonseca Melo.
 Coorientadora: Shirlene Kelly Santos Carmo.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2018.

 1. Tensoativo. 2. Corante. 3. Efluente têxtil.
 4. Eficiência de remoção. I. Fonseca Melo, Ricardo
 Paulo, orient. II. Santos Carmo, Shirlene Kelly,
 co-orient. III. Título.

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

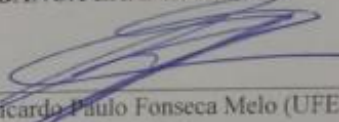
MARIA NEUDNA DINIZ EVANGELISTA

**USO DA FLOCULAÇÃO DE TENSOATIVO PARA REMOÇÃO DE CORANTES:
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA E CONCENTRAÇÃO**

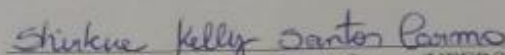
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 05/04/2018

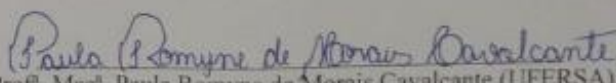
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ricardo Paulo Fonseca Melo (UFERSA)
Presidente



Prof. Dra. Shirlene Kelly Santos Carmo (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Msc. Paula Romyne de Moraes Cavalcante (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, e por proporcionar a oportunidade de alcançar essa meta.

Agradeço aos meus pais, Francisco Evangelista e Maria Lucenir, por todo o apoio e ensinamento nos momentos mais difíceis, e principalmente, por sempre terem acreditado no meu potencial.

Agradeço à toda minha família, por sempre estarem ao meu lado.

Agradeço profundamente ao Professor Orientador Ricardo Paulo Fonseca Melo, por todo o apoio durante esse percurso, pela paciência e ensinamentos. Agradeço também aos membros da banca.

Agradeço aos meus amigos, em especial Danyllo Oliveira, por toda a ajuda durante esses anos, a Yago Neco, por ser um companheiro de laboratório incrível, e a Rhuan Cazuza, por ter me ajudado nos momentos mais difíceis.

Agradeço à UFERSA por disponibilizar todo seu espaço para que a pesquisa fosse realizada.

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém. ”

(Dalai Lama)

RESUMO

A contaminação de água por efluentes é motivo de preocupação no meio ambiente, sendo o mesmo um dos principais problemas enfrentados pela indústria. Os compostos orgânicos que são descartados são nocivos, a fauna e a flora aquática, podendo causar danos irreparáveis. Dessa forma, é necessário um tratamento adequado do efluente para reduzir a concentração destas substâncias lançadas no meio ambiente. Este trabalho propõe o uso da floculação iônica para remoção de três poluentes modelos, são eles: Solophenyl Preto FR, Castanho Solophenyl RLN e Yellow HP. Inicialmente, o tensoativo é produzido a partir de óleo de girassol, onde o mesmo é adicionado a um meio aquoso, posteriormente adiciona-se o cálcio para formar flocos, que por sua vez produz uma superfície adsorvente capaz de atrair as moléculas do corante. As amostras são centrifugadas e são obtidos efluentes com concentrações menores de poluentes. Neste trabalho foram avaliados a concentração de tensoativo e o tempo de operação que advém do estudo da cinética química. Os testes mostraram que dentre os corantes testados, foi possível observar que o corante solophenyl preto FR apresentou resultados mais eficientes com 94% de remoção, utilizando uma concentração de tensoativo de 1000 ppm, indicando que a floculação iônica é uma alternativa para remover compostos orgânicos da água.

Palavras-chave: Tensoativo; Corante; Efluente têxtil; Eficiência de remoção.

ABSTRACT

Contamination of the effluents is becoming a worrying phenomenon and it is one of the main problems faced by the industry. The organic compounds that are discarded are harmful to fauna and aquatic flora and may cause irreparable damage. In this way, an adequate treatment of the effluent is necessary to reduce the concentration of these substances released into the environment. This work proposes the use of ionic flocculation to remove three pollutants models, namely: Solophenyl Black FR, Brown Solophenyl RLN and Yellow HP. Initially, the surfactant is produced from sunflower oil, where it is added to an aqueous medium, thereafter the calcium is added to form flocks, which in turn produces an adsorbent surface capable of attracting the dye molecules. The samples are centrifuged and effluents are obtained with lower concentrations of pollutants. In this work the parameters were evaluated surfactant concentration and the operating time that comes from the study of chemical kinetics. The tests showed that among the dyes tested, it was possible to observe that the solophenyl black FR dye presented the highest efficient with removal of 94%, using a surfactant concentration of 1000 ppm, indicating that ionic flocculation is an alternative to remove organic compounds from the water.

Key-words: Surfactants; Dyes; Textile effluents, Removal efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação esquemática de uma molécula de tensoativo.....	16
Figura 02 - Classificação dos tensoativos por sua carga elétrica.	17
Figura 03 - Antes e depois do processo de floculação iônica.....	23
Figura 04 - Remoção do corante com diferentes concentrações de tensoativo.	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Capacidade de adsorção Solophenyl preto FR x Concentração de tensoativo.....	22
Gráfico 02 - Capacidade de adsorção Castanho solophenyl RLN x Concentração de tensoativo	24
Gráfico 03 - Capacidade de adsorção Yellow HP x Concentração de tensoativo	25
Gráfico 04 - Capacidade de adsorção do Solophenyl preto x Tempo.	26
Gráfico 05 - Capacidade de adsorção do Castanho solophenyl RLN x Tempo	26
Gráfico 06 - Capacidade de adsorção do Yellow HP x Tempo.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Comprimento de onda dos corantes utilizado no estudo.....	20
Tabela 02 - Massas de tensoativo e CaCl_2 para cada concentração de tensoativo.	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 TENSOATIVOS	16
3.2 INDÚSTRIAS TÊXTEIS E CORANTES	18
3.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS	18
3.4 FLOCULAÇÃO IÔNICA	19
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	19
4.1 PRODUÇÃO DO TENSOATIVO	19
4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
4.3 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE TENSOATIVO	20
4.4 INFLUÊNCIA DA CINÉTICA	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE TENSOATIVO	22
5.1.1 Corante Solophenyl preto FR	22
5.1.2 Corante Castanho solophenyl RLN	23
5.1.3 Corante Yellow HP	25
5.2 ESTUDO CINÉTICO	25
5.2.1 Corante Solophenyl preto FR	25
5.2.2 Corante Castanho solophenyl RLN	26
5.2.3 Corante Yellow HP	27
6 CONCLUSÃO	28
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, tratando-se de sustentabilidade ecológica, os cuidados com os resíduos industriais surgem como prioritários. A preocupação passa ser a existência de uma indústria menos poluente, fazendo com que gastem menos produtos químicos e energia e que os recursos naturais sejam utilizados de forma racional, equilibrada e, principalmente, preservados (VIANA, 2012).

“A busca de processos eficientes e de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis é crescente devido ao descarte inapropriado de resíduos têxteis no meio ambiente. Pode-se estimar que o processo têxtil hoje contribui ativamente na contaminação ambiental no descarte de despejos poluidores com alto teor de toxicidade ao homem e ao meio ambiente” (Camel e Bermond, 1998 apud Lucena et al., 2013, p.45).

Os usos de corantes sintéticos nas indústrias têxteis são considerados extremamente perigosos devido à sua toxicidade e difícil degradação. Os corantes são amplamente utilizados na indústria têxtil, gráfica, fotográfica e como aditivo em derivados de petróleo. Segundo O'Neill et al (1999), aproximadamente 50% dos corantes são descartados junto com o efluente.

A presença de corantes nos corpos hídricos é altamente prejudicial mesmo em pequenas concentrações, afetando diretamente na cristalinidade da água resultando no impedimento da penetração de raios solares e evitando a fotossíntese das plantas aquáticas e, conseqüentemente, levando ao esgotamento de oxigênio necessário para a respiração das espécies aquáticas (RAJKUMAR e KIM, 2006).

Diversos métodos de tratamento de efluentes têxteis estão sendo desenvolvidos com o objetivo de reduzir os impactos causados por efluentes tóxicos. Dentre os processos utilizados, a combinação de métodos mostra-se mais adequada na remoção de corantes para superar inconvenientes existentes na aplicação de métodos individualmente. Atualmente têm dado maior ênfase no estabelecimento de métodos físico-químicos, como por exemplo, floculação, adsorção ou oxidação eletroquímica (KUNZ, 2002).

O uso de tensoativo como uma nova forma de remoção de compostos orgânicos vem ganhando destaque nas últimas décadas. O tensoativo é um composto formado pela reação de um ácido graxo insolúvel em água com metal alcalino ou base orgânica para produzir um sal de ácido carboxílico com solubilidade melhorada em água, suficiente para produzir atividade superficial (MYERS, 2006 apud MELO, 2015).

Como alternativa de tratamento de efluentes contendo corantes, a floculação iônica tem sido uma das opções mais viáveis para aplicação. A floculação iônica consiste no uso de tensoativos aniônicos em meio contendo cálcio, de forma que ocorra a reação entre eles, originando um floco do tensoativo que, devido ao seu caráter anfifílico, proporciona a interação de compostos orgânicos com sua parte apolar (MELO, 2015).

Neste trabalho, foram estudados três efluentes têxteis sintéticos contendo os seguintes corantes: Solophenyl Preto FR, Castanho Solophenyl RLN e Yellow HP, onde foram tratados utilizando adsorção em tensoativos de cálcio. Foi avaliado ainda neste estudo a eficiência de remoção de corantes sintéticos por meio da floculação iônica analisando a concentração de tensoativo e a cinética de adsorção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como finalidade, analisar a remoção de corantes utilizando o método de floculação iônica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o estudo cinético da floculação iônica para remoção de corantes sintéticos, avaliando os seguintes parâmetros: concentração de tensoativo e tempo de operação.
- Fazer um estudo comparativo dos resultados obtidos das amostras dos seguintes corantes sintéticos: Solophenyl Preto FR, Castanho Solophenyl RLN e Yellow HP.

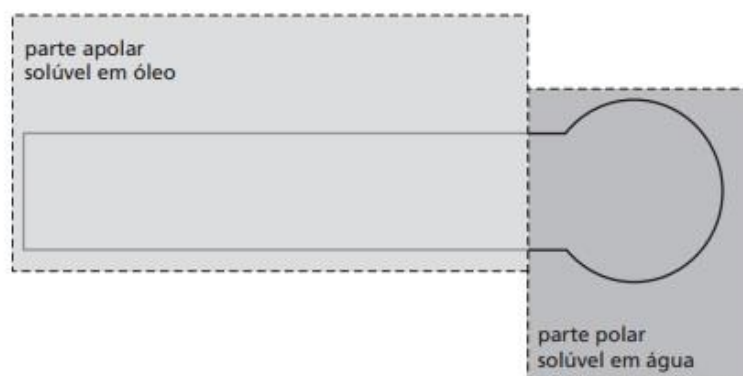
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TENSOATIVOS

Os tensoativos geralmente são compostos orgânicos anfifílicos, ou seja, apresentam o grupo apolar (hidrofóbicos) que são insolúveis em água e afinidade com moléculas não polares de óleos e gorduras e os polares (hidrofílicos) que são solúveis em água. O grupo apolar é tipicamente linear, ramificada ou com partes cíclicas, dado que os carbonos dessa cadeia apesar de serem mais eletronegativo que os átomos de hidrogênio, não formam polos de concentração de carga eletrostática. Já a parte polar deve ser formada por átomos que apresentem concentrações de cargas formando um polo negativo ou positivo (DALTIM, 2011).

Os tensoativos por sua estrutura química e propriedades, reduzem a tensão superficial da água por adsorção na interface gás-líquido e também baixa a tensão interfacial entre o óleo e a água por adsorção na interface líquido-líquido. (MELO, 2015)

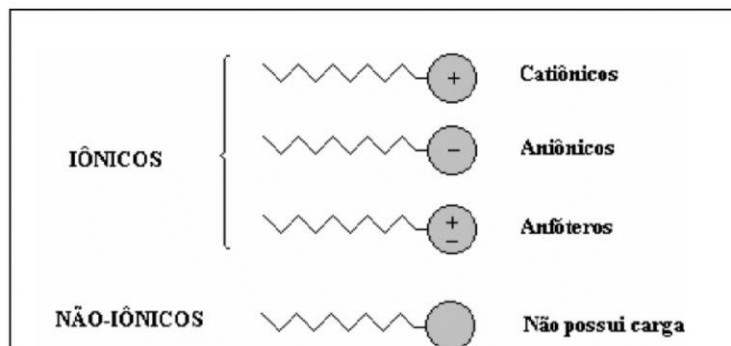
Figura 1 - Representação esquemática de uma molécula de tensoativo.



Fonte: DALTIM, 2011.

Os tensoativos podem ser classificados de acordo com a sua capacidade de ionização. Existem quatro classificações de tensoativos que são: catiônicos, aniônicos, anfóteros e não iônicos. (Figura 2)

Figura 2 – Classificação dos tensoativos por sua carga elétrica.



Fonte: Silva, 2008

- Tensoativos catiônicos: apresenta o grupo polar carregado positivamente quando ionizados em solução aquosa. É uma classe representada por poucos tensoativos e apresenta alta toxicidade aquática quando comparada a outras classes de tensoativos (MELO, 2015).
- Tensoativos aniônicos: é constituído por um grupo hidrófilo com carga negativa, ou seja, está ligado de forma covalente com a parte hidrofóbica do tensoativo. Eles constituem a maior classe de tensoativos e é a mais utilizada pela indústria, já que nessa classe se encontram os tensoativos principais dos sabões, sabonetes, xampus e detergentes (DALTIM, 2011).
- Tensoativos não iônicos: os tensoativos não iônicos apresentam grupo polar que não pode ser ionizado em uma solução aquosa. São constituídos pela segunda maior classe de tensoativos utilizadas no mercado e são compatíveis com todas as outras classes de tensoativos (DALTIM, 2011).
- Tensoativos anfótero: são tensoativos que apresentam em sua molécula, grupos hidrófilos positivo e negativo. São a classe menos utilizada no mercado pelo seu alto custo e são compatíveis com todas as outras classes de tensoativos (DALTIM, 2011). São utilizados em aplicações requerendo contato biológico como, por exemplo, xampus para crianças e cremes cosméticos (MYERS, 2006).

3.2 INDÚSTRIAS TÊXTEIS E CORANTES

Os produtos têxteis estão entre as necessidades básicas do ser humano. As indústrias têxteis têm um grande significado econômico em virtude de sua contribuição para a produção industrial e geração de empregos. Essa indústria é uma das que mais contribuem para a contaminação ambiental pela utilização de enormes volumes de água, consequentemente, levando a produção de inúmeros rejeitos de produtos líquidos contendo substâncias tóxicas recalcitrantes, nas quais se forem despejadas inadequadamente nos corpos de água, podem causar danos severos ao meio ambiente.

Pela grande produção de resíduos com baixos níveis de degradação incluindo uma grande parte dos corantes utilizados no tingimento, as indústrias têxteis têm contribuído amplamente na contaminação ambiental (SOUZA, ROSADO, 2009). Segundo Bastian e Rocco. (2009), a indústria têxtil utiliza uma grande diversidade de corantes, pigmentos e auxiliares químicos que geram efluentes líquidos com características específicas que ao serem processados necessitam de um tratamento específico que atenda a legislação ambiental.

Uma das principais características dos efluentes provenientes da indústria têxtil é a presença de cor, resultado principalmente dos corantes que são aplicados nas operações de tingimento (ZOLLINGER, 1987). Os corantes têxteis causam grandes impactos no meio ambiente por apresentarem uma cinética de degradação lenta para os processos biológicos naturais, outros são recalcitrantes, permanecendo no ambiente de forma inalterada (KUNZ, 1999).

3.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS

Os efluentes descarregados das indústrias têxteis sofrem diversos tratamentos físico-químicos, como a floculação, filtração por membrana, precipitação, adsorção etc. O tratamento de efluentes têxteis envolve três processos de tratamento: tratamentos primários, secundários e terciários.

Atualmente, vários processos de tratamentos de efluentes têxteis estão em desenvolvimento, como por exemplo, separação por microemulsão, extração por ponto nuvem, ultrafiltração micelar e floculação iônica (MELO, 2015). Neste estudo foi utilizado o método de floculação iônica.

3.4 FLOCULAÇÃO IÔNICA

A floculação iônica é um processo químico e físico que consiste no uso de tensoativos aniônicos em meio contendo cálcio, de forma que ocorra a reação entre eles, originando um floco do tensoativo que, devido ao seu caráter anfifílico, proporciona a interação de compostos orgânicos com sua parte apolar. (MELO, 2015). Segundo Macedo (2009) o processo de coagulação/floculação é bastante utilizado para o tratamento de efluentes devido sua eficiência e simplicidade operacional.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 PRODUÇÃO DO TENSOATIVO

O tensoativo utilizado nesse trabalho foi sintetizado a partir de óleo de girassol, no laboratório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido de Pau dos Ferros, pela reação de saponificação a partir de um óleo de girassol industrializado e hidróxido de sódio (NaOH), para promover a mistura destes reagentes foi utilizado álcool etílico (C_2H_6O) e água destilada. Inicialmente pesa-se 1 grama (g) de óleo de girassol e 1 grama (g) de NaOH, mede-se 70 mililitros (mL) de C_2H_6O e 30 mililitros (mL) de água destilada. Em um balão de fundo arredondado é misturado o óleo de girassol com o C_2H_6O e, em seguida, adiciona-se à mistura do NaOH com água destilada.

A mistura é levada para uma manta aquecedora, para evitar que o C_2H_6O evapore durante o aquecimento da mistura, foi inserido um condensador na saída do balão de fundo arredondado. Deixa-se a mistura reagir por um período de 2 horas. Em seguida, o C_2H_6O e a água destilada são evaporados, obtendo-se o tensoativo aniônico na forma de um pó.

4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente, preparou-se a solução padrão do corante, com uma concentração de 1000 ppm. Em seguida, pesou-se o tensoativo aniônico. Para que ocorra a floculação iônica é utilizado o cloreto de cálcio ($CaCl_2$), de modo que, a concentração de íons cálcio em solução seja metade da concentração de tensoativo.

As amostras foram preparadas em beckeres de 100 mL, preenchidas com 45 mL de água destilada, adicionou-se o tensoativo aniônico, e em seguida as amostras foram levadas para agitação em um agitador magnético, até que todo o tensoativo estivesse totalmente disperso, depois adicionou-se o $CaCl_2$, afim de promover a floculação. Após a formação do floco foi adicionado 5 mL do corante de forma que a concentração resultante na amostra seja de 100 ppm.

Por fim, foi retirada 14 mL da amostra, onde foi colocada em uma centrífuga com o intuito de separar os flocos suspensos na solução. Após a separação, levou-se a amostra para análise em espectrofotômetro UV-Vis (Varian Analytical Instruments, Cary 50 Conc, USA). Cada corante possui um comprimento de onda, os dos corantes utilizados no estudo estão expressas na tabela 01.

Tabela 01: Comprimento de onda dos corantes utilizado no estudo.

Comprimento de onda dos corantes	
Solophenyl preto FR	485 nm
Castanho solophenyl RLN	425 nm
Yellow HP	415 nm

A eficiência de remoção de corantes é calculada através da Equação 1.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Conc.Inicial} - \text{Conc.Final}}{\text{Conc.Inicial}} \times 100 \quad (1)$$

4.3 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE TENSOATIVO

Para avaliar a influência da concentração de tensoativo foi feita análises variando a concentração entre 300 – 4000 ppm, a amostra de corante permaneceu com a concentração resultante de 100 ppm para o corante solophenyl preto Fr, já os corantes, castanho solophenyl RLN e yellow HP utilizou-se uma amostra com concentração resultante de 50 ppm.

Primeiramente pesou-se o tensoativo e o cloreto de cálcio referente a cada amostra. Misturou-se o tensoativo com a água destilada e levou-se para agitação, até o tensoativo diluir, em seguida adicionou-se o cloreto de cálcio para que ocorra a floculação iônica. Depois, acrescentou-se os 5 mL do corante sintético. A amostra permaneceu sendo agitada até que o tempo de operação fosse concluído. Em seguida, levou-se 14 mL da amostra para a centrifuga,

afim de retirar os flocos suspenso, e por fim, foi feita a análise da concentração final do efluente no espectrofotômetro.

Tabela 02: Massas de tensoativo e $CaCl_2$ para cada concentração de tensoativo

Concentração de tensoativo (ppm)	Massa de tensoativo (g)	Massa de $CaCl_2$ (g)
300	0,015	0,021
400	0,020	0,028
500	0,025	0,035
600	0,030	0,041
700	0,035	0,048
800	0,040	0,055
900	0,045	0,062
1000	0,050	0,069
1500	0,075	0,104
2000	0,100	0,138
2500	0,125	0,173
3000	0,150	0,207
3500	0,175	0,242
4000	0,200	0,276

4.4 INFLUÊNCIA DA CINÉTICA

Para realizar o estudo cinético, as amostras foram executadas variando o tempo entre 1-120 minutos, dessa forma, poder analisar a concentração residual de corante em cada amostra no intervalo de tempo apropriado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados a seguir mostram os resultados obtidos diante dos parâmetros já mencionados (concentração de tensoativo e a cinética de equilíbrio). Os testes foram satisfatórios, obtendo amostras com 94% de remoção em um dos corantes. No estudo da variação da concentração de tensoativo, a menor remoção dentre os poluentes modelos foi de 45%, indicando que a floculação iônica é uma alternativa eficiente na remoção de corantes.

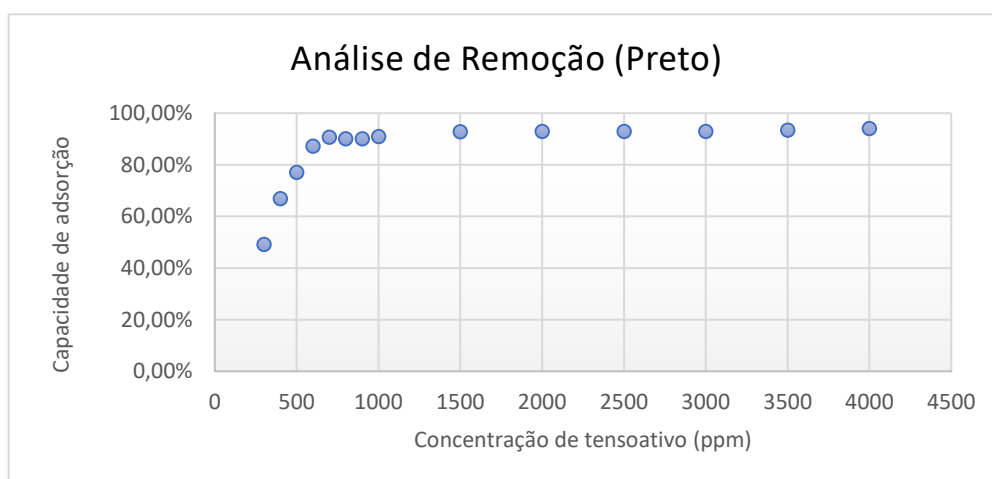
5.1 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE TENSOATIVO

Os dados abaixo mostram a relação entre a variação de concentração de tensoativo e a capacidade de adsorção do corante.

5.1.1 Corante Solophenyl preto FR

Nessa etapa foi utilizada uma faixa de concentração de tensoativo variando de 300 ppm à 4000 ppm, fixando o tempo de reação em 60 minutos. O gráfico 01 mostra os resultados obtidos da eficiência de remoção do corante.

Gráfico 01: Capacidade de adsorção solophenyl preto FR x Concentração de tensoativo.



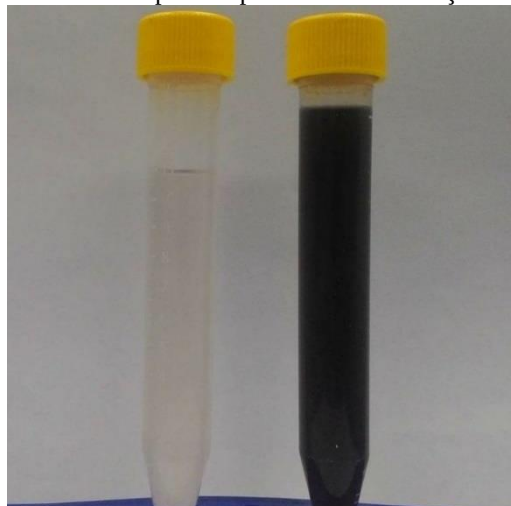
É notório que à medida que se acrescenta tensoativo na solução a remoção de corante é mais eficiente, isso ocorre devido à natureza anfifílica do tensoativo, sendo o corante um composto orgânico, o mesmo vai ter mais afinidade com a parte apolar do tensoativo, dessa forma uma parte do corante é adsorvida pelo tensoativo, porém chega um momento que se atinge o ápice e a remoção não aumenta mais.

O limite de remoção nesse corante é a partir da concentração de 1000 ppm de tensoativo, e por mais que se aumente a concentração de tensoativo não ocorre variações significativas, isso dar-se porque a presença de corante no sistema já é muito baixa e para que se aumente o percentual de remoção de forma considerável, é necessário utilizar concentrações elevadíssimas de tensoativo o que se torna inviável no processo.

Dessa forma, é preferível que se realize o procedimento em duas etapas, na primeira etapa até atingir o ápice de remoção, e na segunda etapa para remover os resíduos

remanescentes. Vale ressaltar que os testes realizados com concentrações inferiores à 300 ppm de tensoativo não tiveram resultados expressivos, obtendo-se uma remoção muito baixa sendo inviável o uso do mesmo, isso acontece, pois, os flocos produzidos nessas condições são incapazes de serem removidos devido ao tamanho dos flocos. A figura 3 apresenta a diferença entre o efluente antes de ser tratado pela floculação e após ser tratado.

Figura 3: Antes e depois do processo de floculação iônica.

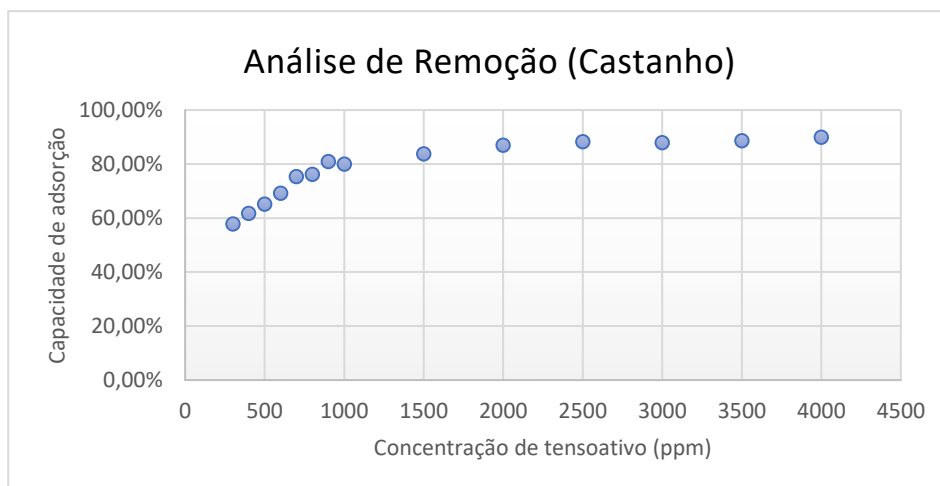


Como pode-se notar na figura 03, a remoção do corante é bastante visível, esta amostra contém uma concentração de tensoativo de 1000 ppm, uma vez que, ao aumentar a concentração de tensoativo é possível obter uma melhor remoção do corante.

5.1.2 Corante Castanho solophenyl RLN

Nessa etapa foi utilizada uma faixa de concentração de tensoativo variando de 300 ppm à 4000 ppm, fixando o tempo de reação em 60 minutos. O gráfico 02 mostra os resultados obtidos da eficiência de remoção do corante.

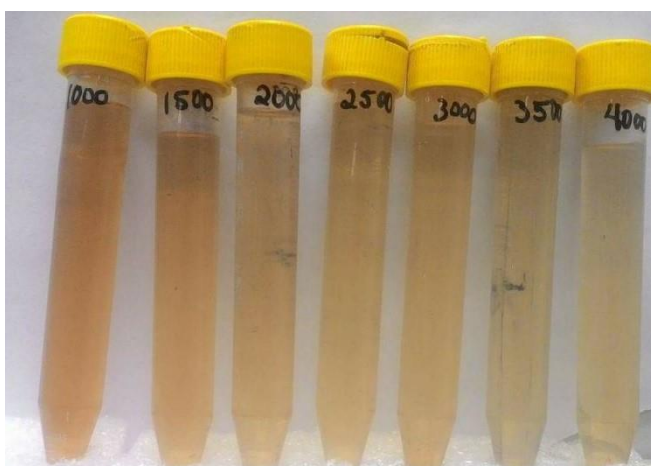
Gráfico 02: Capacidade de adsorção castanho solophenyl RLN x Concentração de tensoativo.



O ápice de remoção do corante castanho solophenyl RLN, é na amostra com concentração de tensoativo de 2000 ppm, com essa concentração foi possível obter uma remoção de aproximadamente 87%, a partir desse ponto a variação de remoção é sucinta, sendo proposto uma remoção de duas etapas, assim como foi sugerida com o corante anterior.

A figura 04 mostra os resultados após o processo de remoção do corante castanho solophenyl RLN, com diferentes concentrações de tensoativo (1000 a 4000 ppm).

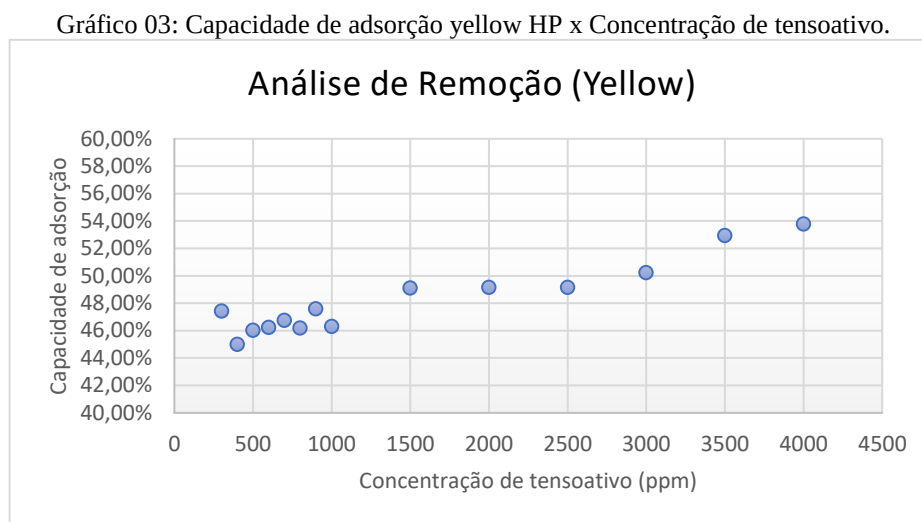
Figura 04: Remoção do corante com diferentes concentrações de tensoativo.



Apesar de ser notório a remoção do corante, é perceptível que a amostra ainda contém resíduos remanescentes, nessas condições a presença de corante é baixíssima, para remove-los é necessária uma segunda etapa do processo de floculação iônica.

5.1.3 Corante Yellow HP

Nessa etapa foi utilizada uma faixa de concentração de tensoativo variando de 300 ppm à 4000 ppm, fixando o tempo de reação em 60 minutos. O gráfico 03 mostra os resultados obtidos da eficiência de remoção do corante.



É evidente que os resultados obtidos do corante yellow HP tiveram uma oscilação notória, mesmo variando a concentração de tensoativo entre 300 ppm a 4000 ppm não foi possível notar o ápice de remoção do mesmo, sendo que no melhor resultado foi utilizado 4000 ppm, para obter uma remoção de aproximadamente 54%, sendo considerada uma remoção baixa quando comparada com os demais corantes estudados nesse trabalho.

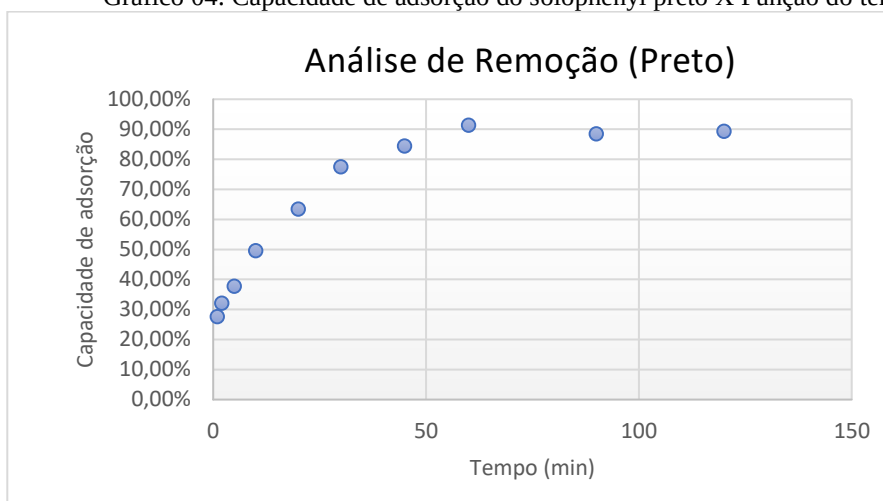
5.2 ESTUDO CINÉTICO

Os dados obtidos para a capacidade de adsorção dos corantes em diferentes intervalos de tempo estão apresentados nos resultados a seguir.

5.2.1 Corante Solophenyl preto FR

O período de remoção foi variado, entre 1 min à 120 min. A concentração de tensoativo utilizado nos testes foi de 1000 ppm, visto que após alguns testes a remoção nessa faixa de concentração mostrou-se satisfatória. O gráfico 04 mostra a eficiência de remoção do corante solophenyl preto FR em função do tempo.

Gráfico 04: Capacidade de adsorção do solophenyl preto X Função do tempo.

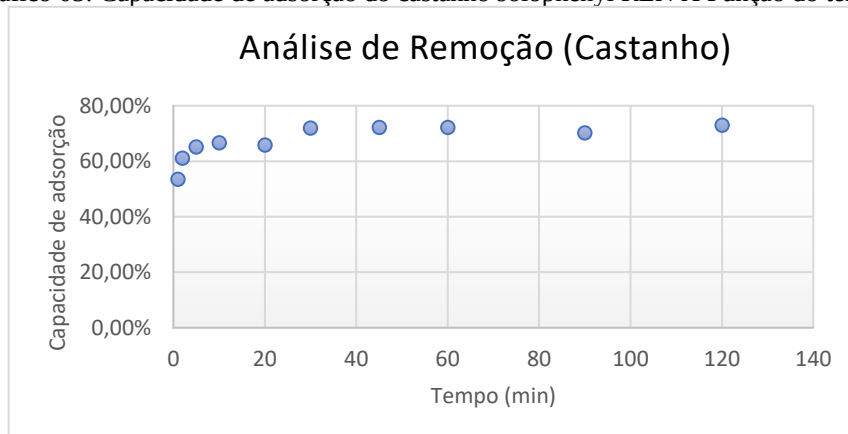


Como pode-se observar no gráfico 04, a remoção do corante aumenta de acordo com o aumento do tempo de operação. É importante definir o tempo de operação no intuito de reduzir os custos do processo. Analisando os resultados das amostras desse corante percebe-se que a remoção mais expressiva é no intervalo de 60 minutos, onde obteve-se 91,31% de remoção do corante. Após essa faixa de tempo a eficiência de remoção mostra-se constante, atingindo-se o ápice de remoção.

5.2.2 Corante Castanho solophenyl RLN

O período de remoção foi variado entre 1 min à 120 min. A concentração de tensoativo utilizado nos testes foi de 1000 ppm, visto que após alguns testes a remoção nessa faixa de concentração mostrou-se satisfatória. O gráfico 05 mostra a eficiência de remoção do corante castanho solophenyl RLN em função do tempo

Gráfico 05: Capacidade de adsorção do castanho solophenyl RLN X Função do tempo.

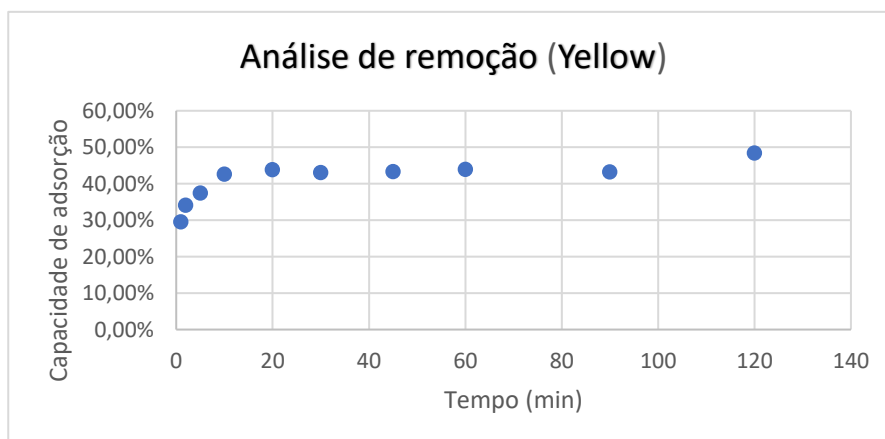


Como pode-se observar no gráfico 05, a remoção do corante castanho solophenyl RLN foi crescente e teve pouca variação, obtendo inicialmente (1 min) 53,51% de remoção do corante, tendo um ápice de remoção no intervalo de 60 minutos, onde obteve uma remoção de 72%, visto que, a remoção do corante nesse ponto varia em torno de 76%. Como já foi explanado nesse trabalho, é importante definir o resultado mais eficiente a fim de reduzir gastos, dessa forma torna-se preferível realizar os testes com o intervalo de tempo, de 60 minutos.

5.2.3 Corante Yellow HP

O período de remoção foi variado entre 1 min à 120 min, a concentração de tensoativo utilizado nos testes foi de 1000 ppm, visto que após alguns testes a remoção nessa faixa de concentração mostrou-se satisfatória. O gráfico 06 mostra a eficiência de remoção do corante yellow HP em função do tempo.

Gráfico 06: Capacidade de adsorção do yellow HP X Tempo.



Como pode-se verificar no gráfico 06, a remoção do corante yellow HP não foi tão expressiva, na faixa de tempo entre 1 minuto e 10 minutos a remoção do corante foi crescente, a partir do ponto de 20 minutos a adsorção fica mais lenta e a porcentagem de remoção ficou constante, com valores de apenas 44% de remoção, dessa forma sendo necessário um processo de duas ou três etapas para remover todos os resíduos

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram que a utilização de tensoativo de cálcio no método de floculação iônica é eficiente na remoção de efluentes contendo corante. Analisando os resultados foi perceptível que o corante solophenyl preto FR, obteve uma melhor remoção quando comparado aos demais corantes estudados, isso ocorre devido as propriedades físicas e químicas que cada corante possui.

Observou-se que os corantes apresentaram uma melhor eficiência em relação à variação da concentração de tensoativo, sendo notório que a remoção alcançava um melhor resultado quando se aumentava a concentração de tensoativo da amostra, obtendo resultados com 94% de remoção. Existe, entretanto, uma concentração mínima de tensoativo a ser utilizada (300 ppm) para realizar a remoção dos corantes, isso acontece devido à concentração de corante na amostra ser baixa, sendo necessário para elevar o percentual de remoção uma quantidade elevada de tensoativo, tornando inviável o processo.

No estudo cinético, o melhor percentual de remoção foi de 91,31% com o corante solophenyl preto FR, o corante castanho solophenyl RLN obteve também um excelente resultado com aproximadamente 73% de remoção, tendo pouca variação durante todo o seu processo. Já o corante Yellow HP não obteve uma remoção tão relevante, tendo em seu melhor teste 48,45% de remoção, essa diferença expressiva com os demais corantes, é causado pela diferença nas propriedades químicas e físicas do corante.

Com base em todos os dados apresentados até aqui, pode-se concluir que o processo de floculação iônica é um método promissor como alternativa de tratamento de efluentes têxteis.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTIAN, E. Y. O.; ROCCO, J. L. S. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL, 2009.
- DALTIN, D. **Tensoativos- química propriedades e aplicações**. 1ª Ed., Blücher, São Paulo, 2011
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. Andamp; DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Quim. Nova, Vol. 25, No. 1, 78-82. 2002.
- KUNZ, A. **Remediação de efluente têxtil: combinação entre processo químico (Ozônio) e biológico (P. chrysosporium)**. 130 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 1999
- LUCENA, Guilherme Leocárdio et al. **Remoção de corantes têxteis a partir de soluções aquosas por quitosana modificada com tioacetamida**. João Pessoa: [s.n.], 2013. 145 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/11.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- MELO, R. P. F. **Remoção de corantes utilizando tensoativos: extração por ponto de nuvem e floculação iônica**. 2015. 165 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MYERS, D., **Surfactant Science and Technology**, Third Ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2006.
- MACEDO, V. A. P. de. **Tratamento de água de produção de petróleo através de membranas e processos oxidativos avançados**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, Lorena.
- O'NEILL, C., HAWKES, F.R., HAWKES, D.L., LOURENÇO, N.D., PINHEIRO, H.M., DELEE, W., 1999, **Colour in Textile Effluents – Sources, Measurements, Discharge Consents and Simulation: a Review**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, V. 74, p. 1009-1018.
- RAJKUMAR, D.; KIM, J. G. **Oxidation of various reactive dyes with in situ electro-generated active chlorine for textile dyeing industry wastewater treatment**. Journal of Hazardous Materials, p. 204-213, 2006.

SOUZA, A. F.; ROSADO, F. R. **Utilização de fungos basidiomicetes em biodegradação de efluentes têxteis.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Paraná, v. 2, n. 1, 2009.

SILVA, P.K.L. **Remoção de Óleo da Água de Produção por Flotação em Coluna Utilizando Tensoativo de Origem Vegetal.** 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15743/1/PaulaKLS.pdf>> Acesso em 12/12/2017

Ulson De Souza, S.M.a.G., Forgiarini, E. e Ulson De Souza, A.A. **Toxicity of textile dyes and their degradation by the enzyme horseradish peroxidase (HRP).** Journal of Hazardous Materials, v.147, n.3, p.1073-1078. 2007.

VIANA, Teresa Campos. **Corantes naturais na indústria têxtil : como combinar experiências do passado com as demandas do futuro?** . Belo Horizonte: [s.n.], 2012. 15 p. Disponível em: <<http://www.ppgd.uemg.br/wp-content/uploads/2013/10/Teresa-Campos-Viana.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

ZOLLINGER, H. Color chemistry - **Syntheses, properties and applications of organic dyes pigments.** New York, NY: VCH. 83-148 p. 1987.