

## MÉTODOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS PELA INDÚSTRIA TÊXTIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Keyliane Rocha Macedo<sup>1</sup>, Cristian Kelly Morais de Lima<sup>2</sup>, Luiz Ferreira da Silva Filho<sup>3</sup>

### Resumo:

Este trabalho visa fazer uma abordagem geral dos principais métodos de tratamento de efluentes, os quais estão relacionados a indústria têxtil. Para o desenvolvimento deste trabalho, a metodologia utilizada se deu através de consultas a materiais bibliográficos para se obter um embasamento teórico sobre o assunto. Dentre os principais tópicos pesquisados, destacam-se uma revisão bibliográfica sobre a indústria têxtil, os corantes e seus tipos, como também sobre os principais métodos utilizados no tratamento de efluentes, considerando as vantagens e desvantagens em cada método. A realização desse trabalho se deve ao fato de que grandes volumes de água são contaminados nas indústrias têxteis pela utilização dos corantes durante a etapa de tingimento, os quais podem apresentar boa fixação ou não na fibra têxtil. Estas águas contaminadas por sua vez, podem ser descartadas em corpos d'água receptores de forma inadequada, podendo provocar desequilíbrios ambientais. Portanto, é de grande importância tratar de assuntos que envolvem a preservação da natureza e o bem estar da população.

**Palavras-chave:** tratamento; corantes; efluentes; indústria têxtil.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as indústrias têxteis demonstram grande contribuição na economia do país e apresentam um crescimento significativo ao longo dos tempos [3]. O sucesso comercial desse tipo de mercado está atrelado a qualidade no processo de tingimento. Este processo é realizado em três etapas consideráveis: a montagem, a fixação e o tratamento final. Ao final é feito uma lavagem em banhos correntes para retirar o excesso dos corantes das etapas anteriores, principalmente aqueles que não se fixaram na fibra [1,17]. Após a lavagem, grandes volumes de resíduos líquidos são gerados, e quando são descartados sem nenhum tipo de tratamento nos corpos hídricos, causam sérios problemas ambientais como poluição visual, alteração de ciclos biológicos, chegando a afetar o processo de fotossíntese [20].

Os corantes sintéticos são bastante utilizados na indústria têxtil, gráfica, fotográfica e etc. Cerca de 10.000 tipos de corantes e pigmentos são consumidos industrialmente e 26.500 toneladas por ano apenas no Brasil [20,30].

Dentre as diversas classes de corantes sintéticos utilizados, os corantes dispersos merecem atenção, pois são compostos aromáticos que tem o grupo azo (composto químico que tem como grupo funcional  $R-N=N-R'$ ) como cromóforo (parte responsável pela cor de um composto), são pouco solúveis em água, vem sendo muito utilizado nos últimos anos e que traz preocupações por conta de suas propriedades mutagênicas [6,11].

Os efluentes têxteis são bastante heterogêneos e contém muitos materiais tóxicos. Além disso, apresentam forte coloração, sólidos suspensos, temperatura elevada, concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO), metais pesados, compostos orgânicos clorados e surfactantes que podem causar eutrofização, além de perturbar a vida aquática [3,6].

A contaminação de corpos hídricos decorrente da continua emissão de resíduos domésticos e indústrias tem sido um dos grandes problemas da sociedade atual [11,26]. O receio de que os recursos naturais possam se extinguir, nos leva a adotar medidas que possam assegurar a qualidade da água após uso em diversos processos industriais. Se a água de descarte das indústrias têxteis não for tratada de maneira adequada, podem atingir reservatórios e estações de tratamento de água tornando-se um risco sério a saúde [11].

A resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) [9], define padrões e condições para que as indústrias possam destinar os efluentes gerados no corpo receptor. A resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do CONAMA [10], complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Já a resolução nº 219, de 6 de junho de 2005, da Agência Nacional de Águas (ANA) [8], apresenta diretrizes para análise e emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos para fins de lançamento de efluentes. As condições estabelecidas devem ser cumpridas pelas indústrias têxteis, tanto para

uso, quanto para o descarte do efluente. Uma das formas de minimizar os efeitos causados pelos efluentes e adequar-se as normas é utilizando métodos de tratamentos químicos, físicos e biológicos [3,11].

Devidos a grande poluição e aos problemas ambientais gerados pelos efluentes têxteis, os estudos de técnicas capazes de reduzir os níveis de toxicidade desses efluentes, a fim de oferecer um ambiente limpo, tem crescido fortemente e atraído atenção de químicos, ambientalistas tecnólogos e empresários [4,32]. As pesquisas mais atuais giram em torno de tecnologias que utilizem materiais mais baratos e que apresentem remoção eficiente sem gerar mais resíduos pós-tratamento [23].

Tendo em vista esta situação referente ao uso de corantes e suas principais consequências nos efluentes têxteis, o objetivo deste trabalho é abordar as diversas técnicas para o tratamento de efluentes têxteis, já existentes na literatura, analisando o mecanismo de funcionamento de tais técnicas e avaliando sua eficiência.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. A indústria têxtil**

A indústria têxtil está presente em todos os países por conta de uma necessidade humana de vestuário e usos utilitários variados como, por exemplo, na decoração, na área hospitalar, militar, entre outros. Tem assim um significado importante nas dimensões social, cultural, econômica e política a ponto de influenciar costumes e tendências com consequências no modo de vida em diferentes épocas [15].

Em 2011 o Brasil apresentava a 8ª posição entre os maiores produtores de têxteis e a 7ª posição para a produção de artigos confeccionados. Todavia, sua participação no comércio internacional é pequena, ocupando 26ª posição em exportação de têxteis e a 48ª em exportação de artigos confeccionados, sendo a China o país que mais exporta tanto produtos têxteis quanto os artigos confeccionados [2].

A região Nordeste do Brasil é considerada referência tanto na produção como na venda de produtos têxteis e de confecções no país, sendo a que mais produz fiação (37%) e ficando em segundo lugar em tecelagem, atrás apenas da região sudeste. O estado do Ceará destaca-se como o principal produtor de têxteis da região e um dos grandes produtores nacionais e gerador de 30% dos empregos do setor na região Nordeste [33]. Além do Ceará, destacam-se no Nordeste também os estados da Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte.

As fibras têxteis são definidas como a unidade de matéria, caracterizada por sua flexibilidade, finura e elevada proporção entre comprimento e finura, cujas propriedades a tornam capazes de ser transformadas em fio. A indústria têxtil utiliza diferentes espécies de fibras, oriundas do reino vegetal, animal e mineral, existindo ainda as que são quimicamente produzidas pelo homem, através da utilização de materiais provenientes dos reinos vegetal e mineral. Assim sendo, todo material proveniente dos três reinos da natureza que apresente a capacidade de produzir fios é considerado como uma fibra têxtil. Estas fibras, tanto as naturais como as não naturais diferem-se de inúmeras maneiras. Cada qual possui características e propriedades diferentes, sejam as dimensões de suas cadeias moleculares, cristalinidade, as cores, massa específica, elasticidade, hidrofiliidade e muitas outras que irão conferir ao tecido aplicações diversas. Daí a grande importância de se conhecer de forma profunda as fibras têxteis e seus aspectos técnicos antes de desenvolver determinado tecido, ou seja, tudo na cadeia têxtil passa primeiramente pela correta escolha da fibra têxtil [24].

As fibras têxteis são classificadas de acordo com sua composição química e de sua estrutura molecular. Quase sempre, sejam fibras naturais ou não naturais, o elemento carbono está presente, ligado na maioria das vezes com outros elementos como o hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e elementos alógenos, como flúor, cloro e iodo. A forma com que estes elementos se ligam, formando as cadeias de polímeros, afetam as características e propriedades de alongamento, elasticidade, resistência, absorção entre outras. As maiorias das fibras possuem estruturas cristalinas, mas elas também possuem áreas amorfas. Estas áreas amorfas se comparadas com as estruturas cristalinas das fibras possuem baixa resistência à tração. Se as redes cristalinas forem orientadas, a resistência da fibra é aumentada ainda mais. Contudo as áreas amorfas contribuem para a absorção de corantes e da umidade, por terem maiores espaços entre as moléculas. Além disso, fibras amorfas possuem uma maior elasticidade e alongamento se comparadas com fibras cristalinas de cadeias orientadas [24].

### **2.1. Corantes**

O tingimento é um processo de aplicação de corantes, principalmente orgânicos, que tem como objetivo a modificação da cor original [4]. O consumidor normalmente exige algumas características básicas, tais como: elevado grau de fixação, lavagem e transpiração, tanto inicialmente quanto após uso prolongado. A forma de fixação da molécula do corante nas fibras geralmente é feita em solução aquosa e pode envolver ligações iônicas, de hidrogênio, de Van der Waals e covalentes [3].

O tingimento das diversas fibras têxteis envolve a transferência de massa de um ou mais corantes do banho de tingimento para a fibra. A maior parte dos processos de tingimento é reversível, o que implica que as moléculas de corante do banho são transferidas para a fibra, e outras moléculas de corante são desprendidas da fibra e retornam novamente ao banho. A quantidade de corante na fibra é aumentada com o tempo de tingimento, até que seja alcançada uma proporção constante de moléculas na fibra e no banho, o que significa que o sistema

atingiu o estado de equilíbrio [25]. Um processo de tingimento pode ser dividido em três etapas principais: a) a difusão do corante no banho de tingimento para a superfície da fibra; b) a adsorção do corante na superfície da fibra; c) a adsorção do corante na superfície da fibra para seu interior [21].

Os corantes são formados por um grupo de átomos responsável pela cor, chamados cromóforos, e também pelo grupo dos auxocromos que funcionam como doadores ou aceptores de elétrons que provocam ou intensificam a cor dos cromóforos, ou seja, são responsáveis pela fixação do corante à fibra [27].

Os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil. Os principais grupos de corantes classificados pelo modo de fixação são: corantes reativos; corantes diretos; corantes azóicos; corantes ácidos; corantes à cuba; corantes de enxofre e corantes dispersivos.

#### 2.1.1. Corantes reativos

São corantes que contêm a função azo e antraquinona como grupos cromóforos. Durante a reação o grupo nucleofílico é substituído pelo grupo hidroxila das fibras celulósicas. Eles apresentam alta solubilidade em água e realiza ligações covalentes com a fibra. É a classe mais importante dos corantes utilizados hoje [1,17,20].

#### 2.1.2. Corantes diretos

Esta classe contém mais de um grupo azo (diazó, triazo e etc.), que através de interações de Van der Waals é capaz de tingir as fibras de celulose. Esses corantes são solúveis em água, e por isso são bastante consumidos durante a aplicação, o que diminui sua quantidade na água [1,17].

#### 2.1.3. Corantes Azóicos

São compostos insolúveis que são sintetizados sobre a fibra. Para isso, passa-se um composto solúvel em água na fibra, conhecido como agente de acoplamento, e após a adição de um sal de diazônio (grupo de compostos orgânicos cuja estrutura geral é  $R-N_2^+X^-$ , onde R pode ser qualquer resíduo orgânico e  $X^-$  habitualmente um ânion haleto), ocorre uma reação com o agente de acoplamento dando origem ao corante [1,17].

#### 2.1.4. Corantes ácidos

São corantes solúveis em água que portam um a três grupos sulfônicos. Tingem de forma direta fibras proteicas e poliamidas sintéticas. Durante o processo de tingimento o corante já neutralizado se liga à fibra através de uma troca iônica. Sua estrutura se baseia nos compostos azo, antraquinona, triarilmetano, azina e etc, são bastante coloridos e apresentam boa fixação [1,17].

#### 2.1.5. Corantes à cuba

São insolúveis, mas após serem reduzidos com hidrossulfito de sódio se transformam em derivados solúveis e tingem. Apresentam excelente fixação, são muito utilizados para tingir algodão, porém a produção de hidrossulfito de sódio pode causar problemas ecológicos, elevando os custos [1,17].

#### 2.1.6. Corantes de enxofre

São insolúveis em água, após uma redução com hidrossulfito de sódio se tornam solúveis e posteriormente são oxidados sobre a fibra. Muito utilizados em tintura de fibras celulósicas e demonstram boa fixação. Um grande problema dessa classe de corante são os resíduos altamente tóxicos [1,17].

#### 2.1.7. Corantes dispersivos

Uma classe de corantes insolúveis em água que durante a tintura sofre hidrólise e é lentamente precipitado sobre o acetato de celulose. São utilizados principalmente em fibras sintéticas [1,17].

#### 2.1.8. Corantes branqueadores

São corantes que apresentam grupos carboxílicos, azometino ( $-N=CH-$ ) ou etilênicos ( $-CH=CH-$ ), ligados a sistemas benzênicos. São utilizados para diminuição da tonalidade amarelada das fibras têxteis no estado bruto. Quando aplicados em tecidos brancos, proporcionam alta reflexão da luz, são encontrados na forma de pós, pasta e líquidos. Durante o processo de tingimento é necessário a utilização de tensoativos para homogeneizar e tornar mais rápido a umectação [1,17].

---

## 2.2 Métodos de tratamento de efluentes têxteis

A água é considerada um dos bens mais preciosos na natureza, sendo considerada solvente universal. A água apresenta uma infinidade de aplicações. Na indústria, de maneira geral, ela apresenta três aplicações principais: pode ser utilizada para fazer funcionar alguns equipamentos; pode ser utilizada na obtenção do próprio produto e pode ser utilizada para atividades de limpeza de maneira geral.

A indústria têxtil caracteriza-se pelo elevado consumo de água utilizada nos processos de tingimento e lavagem do tecido. Após o processo de tingimento e decorrido o tempo de fixação do corante a peça, o tecido é lavado com água fria, água quente e depois é ensaboado sendo enxaguado rigorosamente logo em seguida. A finalidade de enxaguar bem o tecido é retirar o corante hidrolisado sobre a fibra, evitando problemas de desbotamento. Para cores fortes, se preciso, usam-se fixadores. Os efluentes provenientes dos processos de lavagem, principalmente os primeiros banhos, apresentam elevada concentração de poluentes, corantes e produtos auxiliares, os quais devem, obrigatoriamente, serem enviados ao sistema de tratamento para depuração [12].

Devido as consequências ambientais que corantes e outros produtos auxiliares utilizados durante o processamento causam no meio ambiente, torna-se importante a pesquisa e o desenvolvimento de novos métodos de tratamento de efluentes têxteis.

Os efluentes por sua vez, podem ser tratados por processos físicos, químicos e biológicos. Antes de tratar um efluente, é necessária sua caracterização, com o objetivo de identificar as cargas poluidoras. Uma das características mais marcantes do efluente têxtil é a cor, devido a presença de corantes que não se fixam as fibras durante o processo de tingimento. Devido à sua própria natureza, os corantes são altamente detectáveis a olho nu, sendo visível em alguns casos mesmo em baixas concentrações [34].

Na indústria têxtil, diversos tipos de tratamentos de efluentes têxteis vêm sendo utilizados para que as empresas possam se adequar aos padrões estabelecidos por lei. A seguir será comentado a respeito dos principais métodos de tratamento utilizados em efluentes têxteis. Uma das principais técnicas utilizadas são as de coagulação/floculação, remoção biológica e adsorção [3]. Técnicas como precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, estão disponíveis na literatura e vem demonstrando bons resultados [17].

### 2.2.1. Adsorção

O tratamento mais comum utilizado na remoção de corantes dos efluentes industriais é a adsorção. Este processo encontra grande aplicação industrial, pois associa baixo custo a elevadas taxas de remoção. Adsorventes alternativos de baixo custo para a remoção de corantes de efluentes aquosos contaminados têm despertado grande interesse [31].

O método de adsorção funciona através de uma transferência de uma fase fluida para uma fase sólida conhecida como adsorvente [3]. Um dos materiais mais usados atualmente como adsorvente é o carvão ativado por conta de sua alta eficiência [3,17,20]. Porém, há duas controversas em relação a este método, pois o carvão apresenta um alto custo o que torna o processo não econômico, ocorre de forma lenta e é um processo não destrutivo, onde a disposição final dos sólidos continua sendo um problema sem solução [3,17,20]. Por conta desses fatores, estudos vêm sendo realizados a fim de encontrar materiais alternativos que apresentem boa capacidade de adsorção por um menor custo [3].

A referência [3] mostra o estudo do potencial da serragem de madeira como adsorvente de baixo custo como um material alternativo ao carvão. O trabalho avaliou a remoção do corante Direct Green 26 através de comparações com dados da literatura de outros adsorventes. Observou-se que a eficiência de adsorção diminuía à medida que a concentração inicial de corante aumentava. Mas os resultados mostraram alta eficiência de remoção de corante, chegando a uma redução de 78,8% para uma concentração inicial de 500 mL/L. O modelo de Langmuir utilizado para estimar a adsorção máxima, mostrou que para o corante Direct Green 26, a adsorção da serragem era igual a 119mg/g. Um valor que se mostra superior a outros adsorventes estudados, levando a conclusão de que esse tipo de resíduo é uma ótima alternativa de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis que utilizem esse corante.

Já a referência [13] utilizou o couro residual oriundo do processo de beneficiamento do couro com cromo em uma indústria de couro e o couro natural, como material adsorvente de corantes têxteis em soluções aquosas. Para avaliar os resultados, testes de adsorção foram feitos a partir de soluções dos corantes Vermelho Drimarem X6BN, Amarelo Cibacrone, Azul Procione e Indigo. Também foram realizados testes de adsorção utilizando carvão ativado (ALDRICH), para fins de comparação. Os resultados mostraram que o couro residual apresentou maior capacidade de adsorção quando comparado ao couro natural, para todos os corantes estudados. O couro residual também mostrou uma capacidade de adsorção no mínimo similar à do carvão ativado, um adsorvente amplamente utilizado no tratamento de efluentes têxteis. Como forma de destino para o couro contendo o corante adsorvido, temos a disposição em aterros industriais, o que, além de ser um procedimento oneroso, não elimina o problema, ou a eliminação destes resíduos sólidos através de hidrólises ácida ou básica.

### 2.2.2. Processos biológicos

---

Os processos biológicos consistem na agitação dos efluentes na presença de microrganismos e ar, durante o tempo necessário para degradação do resíduo, utilizados para descoloração e degradação de efluentes têxteis, de forma aeróbia e anaeróbia, porém, produz grandes quantidades de lodo e alguns corantes sintéticos apresentam alta resistência a esse tipo de tratamento, diminuindo sua eficiência [3, 7, 18,23].

No caso do processo de biodegradação, são utilizados microrganismos versáteis capazes de degradar de maneira eficiente um grande número de poluentes com baixo custo [20]. Em alguns casos é necessário o uso de energia e a quebra dos corantes é feita através de enzimas. A quebra das moléculas orgânicas com a produção de água, dióxido de carbono e outros produtos inorgânicos é conhecido como mineralização [23]. Ultimamente, pesquisadores têm demonstrado interesse por fungos de decomposição branca. Eles podem degradar grande variedade de compostos recalcitrantes, especialmente poluentes aromáticos complexos até o dióxido de carbono. [19,20,23]. Estudos mostraram que esses fungos foram capazes de mineralizar azocorantes [20]. A capacidade de descoloração também foi analisada e demonstrou excelentes resultados. A descoloração de azo, antraquinonas, heterocíclicos, trifenilmetano e corantes poliméricos tem sido amplamente demonstrada [23].

Estudos realizados na referência [35] testou a capacidade de descoloração de corantes de pelotas de fungos. Os corantes para estudo utilizados foram o Astrazone Black FDL, o Astrazone Blue FGRL e o Astrazone Red FBL. Os fungos utilizados foram *C. versicolor* ATCC 200801, *F. trogii* ATCC 200800, *P. chrysosporium* ME446, *Pleurotus florida*, *Pleurotus ostreatus*, e *Pleurotus sajor-caju*. As pelotas fúngicas foram preparadas e usadas no experimento de descoloração. Os resultados mostraram que todos os fungos testados apresentaram alta atividade de descoloração dos corantes Astrazone. Mais de 75% de descoloração foi obtida por todos os fungos testados, mostrando que os fungos da podridão branca utilizados neste estudo podem efetivamente descolorir os corantes têxteis.

O trabalho [5] avaliou a degradação do corante Indigo Carmin presente em água residuária sintética por inoculo fúngico de *Phanerochaete chrysosporium*. O trabalho foi realizado em duas etapas: cultivo e produção do inóculo e montagem, alimentação e operação do reator biológico contendo os fungos. O reator foi operado em batelada sequencial, totalizando 12 ciclos. Os parâmetros analisados foram a quantidade de corantes, DQO bruta, DQO filtrada e pH. Os resultados mostraram uma remoção média de corante Indigo Carmim de 44,7%, com máxima de 76,41% (ciclo 7) e mínima de 22,96% (ciclo 2). Com relação à remoção de DQO, os valores de eficiência foram maiores se comparados aos de corante, às eficiências de remoção média e global, foram de 56,5% e 66,6%, respectivamente, sendo a eficiência máxima de 80,43 % (ciclo 1) e 85,36% (ciclo 6). Os valores de pH apresentaram média de 2,86 no tempo reacional de 24 horas, podendo-se observar um pH mínimo de 2,51 no primeiro ciclo e um pH máximo de 3,34 no segundo ciclo. Na saída o pH ficou com média de 2,76, com mínimo de 2,48 no primeiro ciclo e 2,94 no último ciclo. O reator biológico operando em bateladas sequenciais mostrou ser uma tecnologia capaz de reduzir o nível de corante do efluente.

### 2.2.3. Coagulação/floculação

A técnica de coagulação/floculação consiste na utilização de sais de ferro ou de alumínio para auxiliar na formação de flocos, permitindo que ocorra a sedimentação do resíduo [3]. As partículas coloidais dos corantes são neutralizadas e aglutinadas pela adição destes sais de ferro ou alumínio, havendo assim a formação de flocos. Este método pode remover a coloração de rejeitos tratados já na fonte de saída da indústria têxtil. [17]. O resultado vai depender do tipo de corante a ser removido, composição, concentração e fluxo. Para que se obtenha alta eficiência, normalmente utilizam excesso de polieletrólito como  $Al_2(SO_4)_3$ , amônia e outros [17].

A referência [18] utilizou técnicas de coagulação/floculação e oxidação com ozônio para tratar efluentes têxtil, mas nos deteremos ao método de coagulação/floculação. Os principais corantes utilizados foram os corantes reativos Laranja BF 2R, Amarelo BF 3R, Azul BF GN, e o Preto Direto NF. O alcalinizante utilizado foi uma suspensão de cal (hidratada). O coagulante utilizado nos ensaios foi o Sulfato de Alumínio PA. Como auxiliar de floculação, foi utilizado uma solução de Polímero Sintético não Iônico (PRAESTOL 2500). Os resultados mostraram que para os ensaios de coagulação/floculação, a dosagem de coagulante e alcalinizante necessária para um bom desempenho, foram bastante altas. A utilização do polímero (não iônico, PRAESTOL 2500), como auxiliar de coagulação, fez com que a dosagem de cal caísse pela metade, mas a utilização desse polímero não promoveu aumentos significativos na eficiência de remoção dos parâmetros analisados (cor, pH, DQO, sólidos suspensos, temperatura, turbidez, condutividade e alcalinidade). A técnica de coagulação/floculação, para esse efluente especificamente, no que se refere a remoção de cor e turbidez, foi a melhor no tratamento, apresentando uma eficiência de 98% sem a utilização do polímero.

O trabalho realizado pela referência [14], teve como objetivo avaliar o desempenho, em escala de laboratório, da remoção de cor de um efluente têxtil sintético através de filtração e também em uma simulação de uma unidade de coagulação/ floculação/ decantação. Para isso, utilizou o efluente sintético feito com água de torneira e corante azul (líquido), dois coagulantes foram testados: o cloreto de ferro ( $FeCl_3$ ) e a quitosana ( $C_6H_{11}O_4N$ )n. Os resultados revelaram que nos ensaios de coagulação/floculação/decantação, em todas as concentrações de cloreto férrico utilizadas houve remoção de cor, mas a de 40mg/L proporcionou os melhores resultados, uma

remoção de 99%, porém, os ensaios feitos com a quitosana não proporcionaram resultados satisfatórios, provavelmente por serem utilizadas concentrações inadequadas.

#### 2.2.4. Eletrocoagulação

De acordo com a referência [17], a utilização de um processo de eletrólise de corante também tem sido uma medida alternativa. Nesta, a degradação é realizada eletroliticamente através de uma corrente controlada, ou por reagentes gerados eletroliticamente. Mas o alto gasto com energia e a ocorrência de reações paralelas tem sido um problema.

Estudos da referência [4] mostra que este processo ocorre em três etapas, na primeira o coagulante é gerado pela oxidação de um anodo de sacrifício, onde os mais utilizados são os de ferro e de alumínio. Com a eletrólise da água há a formação de microbolhas que carregaram na ultima etapa o material floculado para superfície. Durante a segunda etapa, os hidróxidos que foram formados na primeira adsorvem-se em partículas coloidais do poluente dando origem aos floculos. A remoção dos poluentes pode ocorrer por atração eletrostática e posterior coagulação. Na última etapa ocorre a flotação, em decorrência das microbolhas que haviam sido formadas. Os resultados obtidos na referencia [32], mostrou que após o tratamento de eletrocoagulação, os efluentes líquidos de uma lavanderia industrial têxtil apresentaram características físico-químicas dentro dos limites de despejos impostos pelo CONAMA.

A referência [22] investiga a eficiência da eletrocoagulação com eletrodos de alumínio no tratamento de água contaminada com corantes têxteis. Nesse estudo foi utilizado efluentes simulados em laboratório utilizando corantes das marcas Guarany Tingicor (azul 17) e Tupy (vermelho 13 e verde 28) e alumínio comercial (com pureza mínima de 99,5% - ALCOA), como ânodo de sacrifício. Para avaliar o método, parâmetros como densidade de corrente aplicada, tempo de coagulação, absorbância antes do tratamento e após a eletrocoagulação foram analisados. Os resultados apresentados para o tratamento do efluente com corante azul, em relação a redução de cor, mostrou que a eficiência do método é bastante elevada (93,42%), comparada com outras formas de tratamento, mesmo com baixa densidade de corrente e por um tempo relativamente curto (10 minutos). Os resultados apresentados para remoção do corante verde também foram satisfatórios, uma eficiência de 80,03% para o tempo de 10 minutos com a menor densidade de corrente aplicada. No caso do corante vermelho pode-se perceber a notória eficiência do alumínio como coagulante e removedor deste contaminante. A proximidade dos resultados aliada a margem de erro mostra que na prática o aumento do tempo ou da densidade de corrente não são necessários, sendo suficiente 10 minutos de tratamento com densidade de corrente de  $2 \text{ mA/cm}^2$  para uma redução de 99,10% na cor. Como base nesses resultados, o método de eletrocoagulação se mostrou eficiente no tratamento de efluentes contaminados com corantes têxteis.

#### 2.2.5. Processos oxidativos avançados

Devido às limitações das tecnologias convencionais para descoloração de efluentes têxteis com corantes reativos, tem se buscado desenvolvimento de tecnologias efetivas, técnica e economicamente, para resolução do impasse ambiental. Deste modo, a utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs) tem se tornado uma alternativa potencial para reduzir a cor desses efluentes, que geralmente está relacionada à presença de substâncias recalcitrantes [6].

Os POAs são tecnologias que geralmente utilizam um forte agente oxidante ( $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e/ou catalisadores (Fe, Mn,  $\text{TiO}_2$ ) na presença ou não de fonte de irradiação, para gerar radicais livres  $\text{OH}\cdot$ , altamente reativos, capazes de mineralizar substâncias orgânicas, presentes nos efluentes industriais [6].

Dentre os diversos POAs existentes, a ozonização e os processos Fenton tem se destacado por conta de seus resultados satisfatórios no tratamento de efluentes têxteis.

##### 2.2.5.1. Degradação química com ozônio

As técnicas de tratamento de degradação química baseiam-se principalmente na reação oxidativa pelo cloro ou ozônio [15]. Os métodos baseados no ozônio vêm se mostrando mais eficiente em relação aos métodos realizados com o cloro, que não apresentam bom funcionamento para alguns tipos de corantes como os dispersos e diretos. Além disso, este método com ozônio não produz íons inorgânicos, como acontece no tratamento com cloro [17]. O ozônio é um agente oxidante muito forte, isso faz com que ele reaja com varias classes de compostos [18,23]. Essa técnica pode ser utilizada em grandes volumes de efluente, porém alguns inconvenientes como o alto custo [17], e o aumento da toxicidade de alguns intermediários de reação, faz com que o processo necessite de acompanhamento através de testes [20].

Estudos realizados na referência [28] buscou investigar a aplicação do ozônio gerado eletroquimicamente na descoloração e degradação, em condições ácida e básica, do corante têxtil Vermelho GRLX-220. A solução do corante Vermelho GRLX-220 foi preparada. O estudo cinético da remoção de cor foi efetuado medindo-se a absorbância no comprimento de onda inicialmente localizado em 530 nm, tanto em solução alcalina como em ácida. A análise de carbono orgânico total (COT), demanda química de oxigênio (DQO) e avaliação da

toxicidade foram realizadas. Com base nos resultados, o estudo cinético da descoloração e as análises da remoção de DQO e COT em função do tempo de ozonização, efetuadas em soluções ácidas e alcalinas, revelam que a ozonização se constitui numa tecnologia eficiente para ambos, remoção de cor e de matéria orgânica. Uma total descoloração foi obtida rapidamente em ambos pH's, revelando assim que ambos, mecanismo oxidativo direto ( $O_3$ ) e indireto ( $OH\cdot$ ), são eficientes para a remoção de cor para este tipo de corante. Por fim, os testes de toxicidade revelaram que os subprodutos da degradação através da aplicação de ozônio são menos tóxicos que o produto inicial, demonstrando a potencialidade do sistema empregado neste estudo na geração de compostos recalcitrantes menos poluentes que os compostos parentais.

Já a referência [29], averiguou o impacto da dose aplicada de ozônio, a concentração inicial de corante, pH inicial, remoção de cor e de matéria orgânica de efluentes da indústria têxtil por ozonização. Além da avaliação do comportamento cinético, o efeito desses parâmetros operacionais no consumo de ozônio foi interpretado. Dois corantes foram utilizados nas experiências: Ácido Vermelho 183 e Ácido Azul 158. Os resultados mostraram que quando a dose de ozônio aplicada foi aumentada, a eficiência de remoção de cor, DQO, carbono orgânico dissolvido (COD) e as constantes de taxa aparente aumentaram. Por outro lado, quando a dose de ozônio e o tempo de ozonização foram aumentados, a taxa de utilização de ozônio diminuiu. Em dosagens elevadas de ozônio, a cor diminuiu acentuadamente e a eficiência da remoção de cor aumentou até 75% em poucos minutos. Quando baixas doses de ozônio foram aplicadas, o tempo de ozonização necessário para atingir a mesma eficiência foi de 4 a 5 minutos. Apesar de ter elevadas eficiências de remoção de cor, obtiveram-se eficiências limitadas de remoção de COD e DOC. A remoção mais baixa de DOC e COD, comparada com a remoção de cor, pode ser explicada pela oxidação incompleta de materiais orgânicos. O pH inicial alto poderia aumentar ligeiramente as eficiências de remoção de cor, COD e DOC. Portanto, a elevada remoção de cor, mas baixas eficiências de COD e DOC podem ser obtidas por ozonização.

#### 2.2.5.2. Processos Fenton

Os processos do tipo Fenton têm se mostrado bastante promissores na degradação de corantes têxteis, em função de sua elevada eficiência e simplicidade [26]. Neste processo o íon  $Fe^{2+}$  reage com o  $H_2O_2$ , gerando radicais  $HO\cdot$ . Esses radicais serão responsáveis por degradar os compostos orgânicos presentes nos efluentes.

A referência [26] avaliou a capacidade de sistemas eletro-Fenton, operados com cátodos de carbono-felt, comparando com processos Fenton convencionais. Para análise do processo Fenton, foto-Fenton e eletro-Fenton, foram utilizadas soluções de corante Azul QR-19 e Alaranjado 16, e como forma de avaliar e comparar os resultados, as variáveis estudadas foram as concentrações de  $H_2O_2$  e de  $Fe^{2+}$  e parâmetros cinéticos.

De acordo com esse estudo, nos processos foto-Fenton assistidos por radiação, o processo de degradação ocorre rapidamente, devido a elevadas quantidades de radical hidroxila, porém, a cinética da reação se torna desfavorável em razão do rápido consumo de peróxido de hidrogênio. Os resultados mostraram uma elevada capacidade de degradação nos processos Fenton e foto-Fenton, quando aplicados em condições experimentais otimizadas, fazendo com que ambos os processos degradem de forma rápida grupos cromóforos, acompanhada de remoção praticamente completa da cor em tempos de reação da ordem de 15 min.

Nos processos Fenton, o rápido consumo de  $Fe^{2+}$  inviabilizaria a reação por tempos prolongados, o que representa uma das maiores limitações do processo. Já para o processo foto-Fenton, o rápido consumo de peróxido, torna o processo desfavorável.

Os resultados para o processo eletro-Fenton indicaram que trabalhando em condições ótimas, concentrações de  $H_2O_2$  serão acumuladas em 60 min de reação, representando uma boa alternativa para se aumentar o tempo de ação dos processos Fenton. Em relação a degradação de cromóforos, o processo eletro-Fenton apresentou-se rápida, permitindo uma descoloração bastante avançada no tempo de reação na ordem de 20 min, tornando o processo mais favorável em maiores tempos de reação em relação aos outros processos, já que ele se sustenta por muito mais tempo.

Mesmo com diversos métodos de tratamento de efluentes têxteis disponíveis, muitas vezes uma solução bastante inteligente é a utilização de processos combinados, pois cada processo apresenta suas particularidades, vantagens e desvantagens, seria uma forma de complementar, fazendo com que um pudesse suprir as deficiências do outro, elevando assim a eficiência do sistema [20].

### 2.3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho se deu através de consultas a materiais bibliográficos, com o objetivo de fazer uma revisão teórica e assim, obter um embasamento teórico sobre a indústria têxtil de maneira geral. Dentre os principais tópicos pesquisados, destacam-se uma revisão bibliográfica sobre a indústria têxtil, os tipos de fibras e corantes existentes, como também sobre os principais métodos utilizados no tratamento de efluentes têxteis, considerando as vantagens e desvantagens em cada método.

### 3. CONCLUSÕES

A busca por novos métodos de tratamento de efluentes têxteis tem sido constante, mas o uso de sistemas já conhecidos tais como adsorção, coagulação/floculação e tratamentos biológicos, pelas indústrias têxteis, ainda é elevado. O processo de adsorção utilizando carvão ativado como adsorvente, que ainda é muito comum, é um processo não destrutivo gerando lodo ao final do processo, necessita de destinação dos sólidos finais, e apresenta um alto custo por conta do carvão. Os métodos de coagulação/floculação apresentam bons resultados, porém para apenas para alguns tipos de corantes, sendo também necessárias altas doses de coagulante, o que torna isso um problema. Já os tratamentos biológicos, mesmo apresentando resultados positivos de descoloração, acabam produzindo grandes quantidades de lodo. Além disso, alguns corantes sintéticos apresentam resistência a este método.

De acordo com os métodos pesquisados na literatura e abordados neste trabalho, constatou-se que o método de tratamento de maior eficiência foi o processo oxidativo avançado, com maior relevância o sistema eletro-Fenton, devido a sua elevada eficiência, simplicidade e também por ser um processo que apresenta maior vida útil.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A química do processamento têxtil. Química Nova, São Paulo, v.19, n.3, p.320-330, 1996. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3\\_320\\_v19\\_n3\\_17.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3_320_v19_n3_17.pdf)>. Acesso em: 3 jan. 2019.
- [2] AMORIM, A. H. Competitividade internacional do complexo têxtil brasileiro no período 1998 a 2006. Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica, v.2, n.1, 2011. Disponível em: <<http://api.ning.com/files/vldaK6dZWno7-AfQ4llbS5Q3TjmmfmSH4ldkT5q3LgE-1OJCoSEeVsU5FDesyc14OyToeZQqypsc5F1yKc-ImetUcfb5k49c/CompetitividadeInternacionaldoComplexoTtxilBrasileironoPerodo1998a2006152.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
- [3] ANTUNES, M. L. P. et al., Estudo da utilização de serragem de madeira como adsorvente para tratamento de efluentes têxteis. Revista de Estudos Ambientais (Online), Sorocaba, v. 12, n. 2, p. 6-14, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1697/1446>>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- [4] AQUINO NETO, Sidney de. et al., Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. Química Nova, Ribeirão Preto, v. 34, n. 8, p. 1468-1471, maio 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n8/30.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- [5] ARAÚJO, A. M. et al., Tratamento de efluente têxtil sintético por *Phanerochaete Crysosporium* em reator em bateladas sequenciais. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campo Grande, 2017. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/IX-009.pdf>>. Acesso em: 24 de mar. 2019.
- [6] ARAÚJO, F. V. F.; YOKOYAMA, L.; TEIXEIRA, L. A. C. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV. Química Nova, São Paulo, v.29, n.1, p.11-14, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27848.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- [7] AZBAR, N.; YONAR, T.; KESTIOQLU, K. Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. Chemosphere, v.55, ed.1, p.35-43, abril de 2004. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez13.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0045653503010609>>. Acesso em: 04 de mar. 2019.
- [8] BRASIL, Resolução ANA nº219, de 6 de junho de 2005. Diretrizes para análise e emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos para fins de lançamento de efluentes. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2005/219-2005.pdf>>. Acesso em: 24 de mar. 2019.
- [9] BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 24 de mar. 2019.
- [10] BRASIL, Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 24 de mar. 2019.
- [11] BRUNELLI, T. F. T. et al., Degradação fotoeletroquímica de corantes dispersos em efluente têxtil utilizando fotoanodos de Ti/TiO<sub>2</sub>. Química Nova, São Paulo, v.32, n.1, p.67-71, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/244750927\\_Degradacao\\_fotoeletroquimica\\_de\\_corantes\\_dispersos\\_em\\_efluente\\_textil\\_utilizando\\_fotoanodos\\_de\\_TiTiO2](https://www.researchgate.net/publication/244750927_Degradacao_fotoeletroquimica_de_corantes_dispersos_em_efluente_textil_utilizando_fotoanodos_de_TiTiO2)>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- [12] CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente, Recife. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/home/43543%3B61447%3B10%3B0%3B0.asp>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.

- 
- [13] DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, C. A. de. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. *Química Nova*, v.28, n.3, p.433-437, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n3/24132.pdf>>. Acesso em: 11 de mar. 2019.
- [14] FREIRE, F. B.; FREITAS, S. I. de. Avaliação da remoção de cor de um efluente têxtil sintético. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v.7, n.3, p.241-249, jul./set. 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=452>>. Acesso em: 12 de mar. 2019.
- [15] FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. *Revista ModaPalavra e-Periódico*, v.8, n.15, jan./jul.2015. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/viewFile/5893/4139>>. Acesso em: 10 de mar. 2019.
- [16] GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Apostilha corantes têxteis. Instituto de Química – UNESP, São Paulo. Disponível em: <<http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/99126030?profile=original>>. Acesso em: 10 de mar. 2019.
- [17] GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Revisão: Corantes têxteis. *Química Nova*, São Paulo, v.23, n.1, p.71-78, Jan./Feb. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n1/2146.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- [18] HASSEMER, M. E. N.; SENS, M. L. Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. *Engenharia sanitária e ambiental*, v.7, n.1, jan/mar 2002, n.2, abr/jun 2002. Disponível em: <<http://abqct.com.br/artigos/artigoesp39.pdf>>. Acesso em: 12 de mar. 2019.
- [19] KAPDAN, IK. et al., Effect of environmental conditions on biological decolorization of textile dyestuff by *C. versicolor*. *Enzyme Microb Technol*, v.26, p.381-387, 2000. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez13.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0141022999001684>>. Acesso em: 11 de mar. 2019.
- [20] KUNZ, A. et al., Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v.25, n.2, p.78-82, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n1/10428.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- [21] LANGE, C. R. Estudo das condições operacionais do processo de tingimento de fibra mista acrílico/algodão em bobina cruzada. Dissertação (Mestrado em Eng. Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p.135, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87736>>. Acesso em: 15 de mar. 2019.
- [22] MELLO Jr, M. P. de. et al., Tratamento de efluentes da indústria têxtil por eletrocoagulação. VII CONNEPI, 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/1273/1151>>. Acesso em 12 de mar. 2019.
- [23] PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. *HOLOS*, Ano 29, v.5, p.98-106, 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1239/729>>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- [24] PEREIRA, G. de S. Materiais e Processos Têxteis. Instituto Federal de Educação, Santa Catarina, 2009. Disponível em: <<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/temp/0/07/20090218180450!MPTEX6.pdf>>. Acesso em: 10 de mar. 2019.
- [25] REVELLO, J. H. P. Tingimento de fios têxteis em bobinas - uma abordagem numérica e experimental. Tese (Doutorado em Eng. Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, p.219, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84354>>. Acesso em: 15 de mar. 2019.
- [26] SALVADOR, T.; MARCOLINO Jr, L. H.; PERALTA-ZAMORA, P. Degradação de corantes têxteis e remediação de resíduos de tingimento por processos fenton, foto-fenton e eletro-fenton. *Química Nova*, v.35, n.5, p.932-938, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n5/a13v35n5.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- [27] SANTOS, A. B.; CERVANTES, F. J; VAN LIER, J. B. Impacto dos mediadores redox na remoção de cor de corantes azo e antraquinônico por lodo granular anaeróbio sob condições mesofílicas e termofílicas. *Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental - Campo Grande - MS*, v.12, n.1, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/250046328\\_Impacto\\_dos\\_mediadores\\_redox\\_na\\_remocao\\_de\\_cor\\_d\\_e\\_corantes\\_azo\\_e\\_antraquinonico\\_por\\_lodo\\_granular\\_anaerobio\\_sob\\_condicoes\\_mesofilicas\\_e\\_termofilicas](https://www.researchgate.net/publication/250046328_Impacto_dos_mediadores_redox_na_remocao_de_cor_d_e_corantes_azo_e_antraquinonico_por_lodo_granular_anaerobio_sob_condicoes_mesofilicas_e_termofilicas)>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
- [28] SANTOS, P. K. dos. et al., Descoloração e degradação do azo corante Vermelho GRLX-220 por ozonização. *Química Nova*, v.34, n.8, p.1315-1322, 2011. Disponível em: <[http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol34No8\\_1315\\_03-AR10733.pdf](http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol34No8_1315_03-AR10733.pdf)>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
-

- 
- [29] SEVIMLI, M. F.; SARIKAYA, H. Z. Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v.77, ed.7, p.842-850, 2002. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jctb.644>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
- [30] SHAH, M. P. et al., Decolorization of remazol Black-B by three bacterial isolates. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, v.2, n.1, p.44-49, 2014. Disponível em: <<http://pubs.sciepub.com/ijebb/2/1/8/index.html>>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- [31] SILVA, F. M. da. Et al., Adsorção do corantes têxtil Azul de Remazol R por pseudocaule da bananeira (Musa sp)\*. *Cad. Pesq.*, São Luís, v. 17, n. 3, set/dez. 2010. Disponível em: <<http://www.pppg.ufma.br/cadernosdepesquisa/uploads/files/Artigo9.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
- [32] SOUZA, P. C. et al., Estudo do tratamento de efluente têxtil através de processos de coagulação/floculação e eletrocoagulação. *e-Xacta*, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 123-132, 2016. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Estudo-do-tratamento-de-efluente-t%C3%AAxtil-atrav%C3%A9s-de-processos-de-coagula%C3%A7%C3%A3oflocula%C3%A7%C3%A3o-e-eletrocoagula%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2018.
- [33] VIANA, F. L. E.; ROCHA, R. E. V.; NUNES, F. R. de M. A indústria têxtil na região Nordeste: Gargalos, potencialidades e desafios. *Revista Produção*, Santa Catarina, v. 8, n. 3, p.1-18, 2008. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/132/160>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.
- [34] TWARDOKUS, R. G. Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. Dissertação (Mestrado em Eng. Química) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88051>>. Acesso em: 15 de mar. 2019.
- [35] YESILADA, O.; ASMA, D.; CING, S. Decolorization of textile dyes by fungal pellets. *Process Biochemistry*, v.38, ed.6, p.933-938, jan. de 2003. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez13.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0032959202001978>>. Acesso em: 11 de mar. 2019.

---

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA  
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 18 horas do dia vinte e um de março de dois mil e dezenove, na central de aulas IV do CCSAH – Centro de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria da aluna **KEYLIANE ROCHA MACEDO**, aluna do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula 2015010834, com o título “**MÉTODOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS PELA INDÚSTRIA TÊXTIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**”. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Profa. Dra. CRISTIAN KELLY MORAIS DE LIMA, presidente da banca e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Dr. MANOEL REGINALDO FERNANDES, Profa. Ms. PAULA KATHERINE LEONEZ DA SILVA VALENÇA como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **10,0; 10,0; 10,0**. Apuradas as notas verificou-se que a aluna foi aprovada com média geral **10,0**. E para constar, eu, CRISTIAN KELLY MORAIS DE LIMA, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 21 de março de 2019.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Profa. Dra. Cristian Kelly Moraes de Lima – UFERSA  
Presidente e orientador

Prof. Dr. Manoel Reginaldo Fernandes – UFERSA  
Primeiro Membro

Profa. Ms. Paula Katherine Leonez da Silva Valença- UFERSA  
Segundo Membro