

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL**

**LUANA MARIA MOREIRA GODOY BUENO**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS POR MEIO DA  
COMBINAÇÃO DOS PROCESSOS DE FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA E  
CARVÃO ATIVADO**

**APUCARANA**

**2019**

LUANA MARIA MOREIRA GODOY BUENO

**TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS POR MEIO DA  
COMBINAÇÃO DOS PROCESSOS DE FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA E  
CARVÃO ATIVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1 do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientadora: Dra. Valquiria Aparecida dos Santos Ribeiro.

**APUCARANA**

**2019**

Dedico este trabalho ao  
meu marido e família, pelos  
momentos de ausência.

BUENO, Luana Maria Moreira Godoy. **TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS POR MEIO DA COMBINAÇÃO DOS PROCESSOS DE FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA E CARVÃO ATIVADO.** p 31. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana – 2019.

## RESUMO

A cadeia produtiva têxtil é dividida em setores, a geração de resíduos ocorre em todo o processo produtivo têxtil, podendo gerar resíduos sólidos, gasosos e líquidos (efluentes). Os resíduos são um grande problema e a indústria têxtil é considerada uma grande poluidora de águas, pois um elevado volume de efluente é gerado nos processos de acabamentos (beneficiamento, tingimento e estamparia). Para amenizar os consequentes problemas causados pela geração de efluentes têxteis durante o processo produtivo, diversas tecnologias vêm sendo estudadas, uma delas é o Processo de Oxidação Avançados (POAs). A fotocatálise heterogênea, usando catalisadores semicondutores é um processo entre os POAs. O Dióxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ ), vem sendo utilizado como semicondutor dos POAs. Outro método bastante utilizado para tratamento de efluentes é a adsorção a partir de carvão ativado. Com isso o principal objetivo desse trabalho é realizar a combinação dos processos de tratamento de efluente por fotocatálise heterogênea com carvão ativado, visando a redução do tempo reacional da fotocatálise heterogênea.

**Palavras-chave:** Carvão Ativado. Fotocatálise Heterogênea. Pó de Filtro. Processo de Oxidação Avançada. Tratamento de Efluentes Têxteis.

BUENO, Luana Maria Moreira Godoy. **TREATMENT OF TEXTILE WASTE BY THE COMBINATION OF HETEROGENEOUS PHOTOCATALYSIS AND ACTIVATED COAL PROCESSES.** p 30. 2019. Course Conclusion Paper Textile Engineering, Federal Technological University of Paraná, Apucarana - 2019.

### **ABSTRACT**

The textile production chain is divided into sectors, waste generation occurs throughout the textile production process and can generate solid, gaseous and liquid (effluent) waste. Waste is a major problem and the textile industry is considered a major water polluter because a high volume of effluent is generated in the finishing processes (beneficiation, dyeing and stamping). To alleviate the consequent problems caused by the generation of textile effluents during the production process, several technologies have been studied, one of them is the Advanced Oxidation Process (POAs). Heterogeneous photocatalysis using semiconductor catalysts is a process among POAs. Titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) has been used as a semiconductor for POAs. Another widely used method for wastewater treatment is the adsorption from activated carbon. Thus, the main objective of this work is to combine the processes of effluent treatment by heterogeneous photocatalysis with activated charcoal, aiming to reduce the reaction time of heterogeneous photocatalysis.

**Keywords:** Activated Carbon. Heterogeneous photocatalysis. Filter Dust. Advanced Oxidation Process. Textile Effluent Treatment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva têxtil .....	14
Figura 2 - Resíduo de pó de filtro da fiação .....	16
Figura 3 - Efluente Têxtil.....	16
Figura 4 - Princípio da Fotocatálise Heterogênea.....	20
Figura 5 - Esquema para reações hidrotermais.....	22
Figura 6 - Reator Hidrotermal .....	23
Figura 7 - Reator.....	24

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Cronograma de Atividades do TCC 1 .....	25
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

BC	Banda de Condução
BV	Banda de Valência
OH	Hidroxila
O <sub>2</sub>	Oxigênio
POAs	Processos Oxidativos Avançados
TiO <sub>2</sub>	Dióxido de Titânio
UV	Radiação Ultravioleta



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1.1.</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>11</b>
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	11
<b>1.2.</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.</b>	<b>Indústria têxtil</b> .....	<b>14</b>
2.1.1.	Resíduos da Indústria Têxtil.....	15
2.1.1.1.	Resíduo sólido .....	15
2.1.1.2.	Efluente têxtil.....	16
<b>2.2.</b>	<b>Tratamento de efluentes</b> .....	<b>17</b>
2.2.1.	Adsorção .....	17
2.2.1.1.	Carvão ativado .....	18
2.2.2.	Processo de Oxidação Avançada .....	18
2.2.2.1.	Fotocatálise heterogênea com dióxido de titânio .....	19
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1.</b>	<b>Material</b> .....	<b>22</b>
3.1.1.	Carbonização Hidrotermal .....	22
3.1.2.	Fotocatálise Heterogênea .....	23
<b>4.</b>	<b>CRONOGRAMA DE ATIVIDADES</b> .....	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil foi a principal responsável da primeira revolução industrial, no século XVIII, substituindo teares manuais por máquinas movidas a vapor. Desde então, novas tecnologias de produção vêm surgindo e nos dias atuais está buscando a implementação da chamada Indústria 4.0 (ABIT, 2017).

A cadeia produtiva têxtil é dividida em setores, na fiação as fibras são transformadas em fios, na tecelagem e na malharia os fios se tornam tecidos, no setor de não tecido, fibras e filamentos são transformadas em véus e posteriormente em mantas. Após a produção de tecidos planos, malhas e não tecidos, são realizados processos de acabamentos químicos, físicos ou ambos, agregando propriedades e valor aos mesmos. A última etapa é a confecção na qual transforma em produtos finais para o consumidor (PAIVA, 2010).

De acordo com Santos (2018), a geração de resíduos ocorre em todo o processo produtivo têxtil, podendo gerar resíduos sólidos, gasosos e líquidos (efluentes). Os resíduos são um grande problema, devido a esse fato, pesquisadores buscam alternativas principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, que é o caso do Brasil (PINHEIRO, 2014).

A indústria têxtil é considerada uma grande poluidora de águas, pois um elevado volume de efluente é gerado nos processos de acabamentos (beneficiamento, tingimento e estamparia), na qual esses efluentes são considerados um dos mais poluentes entre todos os setores industriais (FERREIRA, 2015). Esses efluentes apresentam elevada carga orgânica, forte coloração e compostos químicos tóxicos, sendo então proibido o seu descarte na rede de esgoto, em corpos de água, ou disposto no solo sem um tratamento apropriado para remoção desses agentes contaminantes (RIBEIRO; TAVARES, 2018).

Como consequência, novas alternativas de processos de tratamento de efluentes vem surgindo, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) são um exemplo, o procedimento é considerado rápido, eficiente e versátil (FERRARI et al., 2019). A fotocatalise heterogênea, usando catalisadores semicondutores é um processo entre os POAs que vem sendo bastante utilizado pois apresenta uma alta eficiência no tratamento do efluente, principalmente na decomposição

de compostos orgânicos (YASMINA et al., 2014). O Dióxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ ), vem sendo utilizado como semicondutor dos POAs pois tem obtido excelentes resultados em relação a eliminação de poluentes com baixa concentração (DIAS et al., 2018).

Outro método bastante utilizado para tratamento de efluentes que tem se mostrado eficiente e possível baixo custo é a adsorção a partir de carvão ativado (SCHIMMEL, 2008).

A partir da combinação dos POAs com o carvão ativado, são esperados melhores resultados no tratamento de efluentes.

## **1.1. Objetivos**

### 1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar a combinação dos processos de tratamento de efluente por fotocatalise heterogênea com carvão ativado, visando a redução do tempo reacional da fotocatalise heterogênea.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Obter o carvão ativado a partir da reutilização do resíduo de pó de filtro do setor de fiação;
- Incorporar o Dióxido de Titânio ao carvão ativado em diferentes proporções;
- Realizar tratamento de efluentes da indústria têxtil com processos de oxidação avançada;
- Efetuar o tratamento de efluentes têxteis com processo de oxidação avançada juntamente com carvão ativado;
- Verificar se há vantagens no tratamento de efluente no qual utiliza tanto o processo de oxidação avançada e carvão ativado em relação ao que se usa apenas o de processo de oxidação avançada.

## 1.2. Justificativa

Nos últimos anos, a indústria têxtil vem sendo repreendida nos aspectos ecológicos, devido ao fato de contribuir grandemente com a poluição ambiental durante os seus processos produtivos (SILVA, 2018).

Essa poluição gerada pode impactar de diferentes formas o ambiente, dependendo do estado físico dos resíduos gerados (gases, resíduos sólidos ou efluentes).

Devido ao fato de a indústria têxtil utilizar elevada quantidade de água e em alguns momentos com o pequeno aproveitamento de insumos, ocorre a geração de uma grande quantidade de resíduos líquidos, chamados de efluente têxtil (SOUZA; PERALTA-ZAMORA, 2005). Os efluentes têxteis são coloridos, devido ao corante não se fixar totalmente a fibra durante o processo de tingimento (ARAUJO; YOKOYAMA; TEIXEIRA, 2006).

A liberação desse efluente nos meios aquáticos diminui a transparência da água e conseqüentemente a fotossíntese devido à dificuldade de os raios solares penetrarem na água. Para amenizar os conseqüentes problemas causados pela geração de efluentes têxteis durante o processo produtivo, diversas tecnologias vêm sendo estudadas, uma delas é o Processo de Oxidação Avançados, que são tecnologias que destroem compostos orgânicos que são difíceis de degradar sem formar resíduos sólidos, por isso, consideradas tecnologias limpas (RIBEIRO et al., 2010). A potencial biodegradabilidade dos efluentes ou métodos de refinação final, buscando a reutilização da água são fatores que justificam a inserção de Processos Oxidativos Avançados na indústria têxtil (HASSEMER, 2006).

Apesar da alta qualidade do efluente tratado pelos POAs, essa técnica para que seja aplicada em escala industrial, ainda necessita de estudos que viabilizem a sua utilização, dentre eles, uma forma de imobilização do catalisador, eliminando então a dificuldade de separação do catalisador ao final do processo, com isso diminuindo o tempo de retenção do efluente.

Nesse contexto, propõe-se combinar a fotocatalise heterogênea com um processo físico de tratamento de efluente, a adsorção em carvão ativado.

A adsorção de corantes por carvão ativado ocorre com a condução do corante do efluente e a difusão de suas moléculas para os poros do carvão ativado, ficando o corante retido no carvão (MACHADO, 2007).

Com isso espera-se que fazendo a junção dos processos, o carvão obtido a partir dos resíduos de fiação sirva como suporte ao catalisador ( $\text{TiO}_2$ ), melhorando a aplicação da fotocatalise heterogênea. Além disso, espera-se outros benefícios ambientais uma vez que o carvão ativado será obtido a partir de um resíduo.

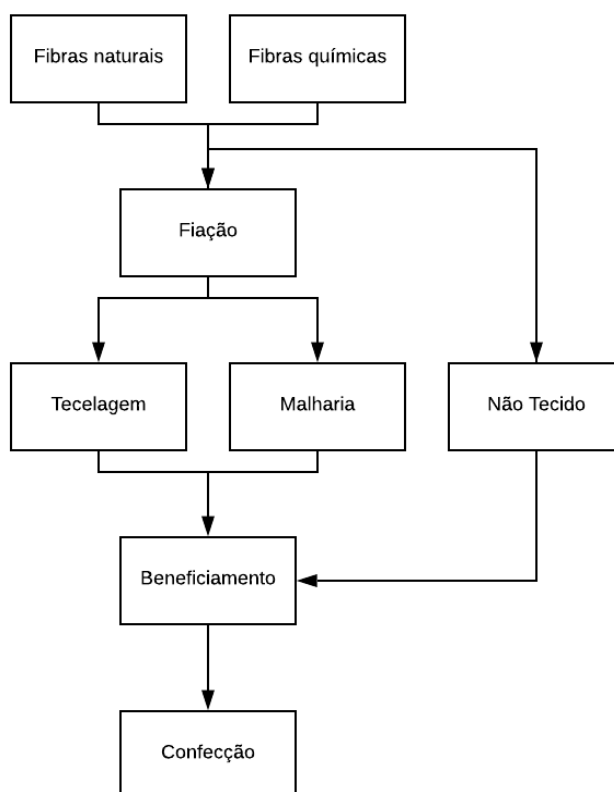
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Indústria têxtil

As fibras têxteis são subdivididas em naturais e químicas, onde a fibra têxtil natural é obtida pela natureza, podendo ser de origem animal, mineral ou vegetal e as fibras químicas são produzidas a partir de polímeros modificados (fibras artificiais) ou polímeros obtidos por síntese química (fibras sintéticas) (SILVA, 2018).

A cadeia produtiva têxtil é dividida em setores conforme apresenta a Figura 1, onde o produto de uma etapa serve de matéria prima para a etapa seguinte até chegar ao produto final.

Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva têxtil



Fonte: Adaptado de Paiva (2010).

O primeiro setor é a fiação, onde as fibras são beneficiadas e são produzidos os fios. A etapa seguinte consiste na produção de tecidos, podendo ser produzidos pelos setores de tecelagem, malharia ou não tecido. Após o tecido, malha e não tecido prontos, é realizado o acabamento, adicionando propriedades ao produto, deixando o produto competitivo para o mercado. Enfim,

os mesmos seguem para a etapa de confecção, na qual o produto sai acabado (GARCIA, 1994).

### 2.1.1. Resíduos da Indústria Têxtil

De acordo com Santos (2018), são denominados resíduos, excedentes de processos produtivos, que não são reutilizados, ou seja, insumos desperdiçados nos processos produtivos.

Correspondente as leis e normas direcionadas ao ambiente, as indústrias vem buscando não só uma eficiência na produtividade, mas também em relação ao aspecto ambiental. Com isso, a redução de insumos e uma menor geração de poluentes deve estar ligado a produção, mesmo com o aumento da mesma (FREIRE; FREITAS, 2010).

#### 2.1.1.1. Resíduo sólido

A NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

O Brasil é um importante produtor do setor têxtil. A cadeia têxtil gera impactos consideráveis ao ambiente, na qual diariamente centenas de toneladas de resíduos têxteis são descartados nos grandes polos têxteis do país, muitas vezes contaminados por elementos tóxicos e produtos químicos (RODRIGUES; HENKES, 2018).

Os resíduos industriais têxteis, mais precisamente o processo de fabricação de fios de algodão, gerados pela fiação ou por empresas verticais, em que um de seus processos produtivos contém essa operação, originam de diversos procedimentos como a abertura e limpeza da fibra, cardagem e da fiação propriamente dita. O teor de humidade e a densidade desses resíduos são muito baixos, gerando elevados volumes (SILVA, 2009).

Esse material é coletado a partir de filtros, conhecido como pó de filtro apresentado na Figura 2, esse resíduo é transformado em outros subprodutos têxteis tais como estopa, piolho e varredura (PAGANNI, 2011).

Figura 2 - Resíduo de pó de filtro da fiação



Fonte: Paganni; Eurich; Franco (2011).

#### 2.1.1.2. Efluente têxtil

Em razão a excessiva necessidade de água nos diversos processos realizados pela indústria têxtil, a mesma gera elevada quantidade de água contaminadas com diferentes produtos químicos utilizados nos procedimentos, sendo o corante um alto contribuinte para a poluição da água, pois o mesmo dificulta a penetração de raios solares para o processo de fotossíntese (SALGADO et al., 2009). Segundo Ribeiro et al., (2010), entre 1% a 15% dos corantes utilizados durante o processo de tingimento pelas indústrias têxteis são liberados no efluente, a Figura 3 demonstra um efluente têxtil.

Figura 3 - Efluente Têxtil



Fonte: *Textile Today* (2019).



Os corantes são bem visíveis a olho nu mesmo em pequenas concentrações, a eficiência da remoção da cor do efluente pode ser analisada por um padrão espectrofotométrico, avaliando o grau de contaminação do mesmo, podendo não ser detectado nessa escala, onde o problema se agrava ainda mais (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Devido aos impactos gerados, as indústrias aumentaram a preocupação em relação a reutilização dos banhos de descarte gerados durante os processos produtivos, procurando diminuir ao mínimo possível a utilização de água, de modo que não deixe de realizar a produção e sem afetar os custos e a qualidade do produto. Com isso, o tratamento e a reutilização de água se tornaram mais um processo dentro da indústria (FREIRE et al., 2018).

Correspondente a implicações ambientais, novos procedimentos têm sido pesquisados (KUNZ et al., 2002). Métodos como tratamento por absorção com carvão ativado e processos avançados de oxidação são usados, podendo gerar efluentes conforme a legislação, possibilitando o reuso do mesmo, diminuindo custos (MACHADO, 2007).

## **2.2. Tratamento de efluentes**

Com o intuito de diminuir os impactos ambientais causados pela presença de compostos dissolvidos nos efluentes industriais, sejam estes orgânicos ou inorgânicos, a divisão destes elementos pode ser efetuada por meio da adsorção, na qual é conhecida como um método não destrutivo e que permite a recuperação do componente adsorvido pelo material adsorvente (DALLAGO; SMANIOTTO; OLIVEIRA, 2005).

Técnicas físico-químicas convencionais para tratamento de efluente, promovem a mudança de fase do resíduo, solucionando apenas uma parte do problema, para isso técnicas fotoquímicas na degradação oxidativa de compostos orgânicos dissolvidos e dispersos vem sendo consolidadas, conhecidas como Processos Oxidativos Avançados (DIAS et al., 2018).

### **2.2.1. Adsorção**

O processo de adsorção, ocorre com a transferência do soluto de um fluido para uma superfície sólida. O que se acumula na interface do material é chamada de adsorvato e a superfície sólida na qual o adsorvato se concentra é

denominada de adsorvente (SILVA et al., 2018). De acordo com Montanher, Farias e Dalpasquale (2019), a eficiência da adsorção será cada vez mais eficaz, conforme maior for a superfície de contato devido as substâncias adsorvidas se concentrarem na superfície externa dos poros do adsorvente.

Segundo Barbosa (2018), o processo de adsorção é um dos mais eficientes em relação a tratamento de efluentes e águas residuárias, por isso vem sendo utilizado nas indústrias, principalmente na têxtil que possui poluentes em seu processo de produção, buscando diminuir a toxicidade de seus contaminantes ao meio ambiente, gerando o menor dano possível.

#### 2.2.1.1. Carvão ativado

De acordo com Lopes (2017), o adsorvente que vem sendo mais utilizado no tratamento de efluentes da indústria têxtil é o carvão ativado, devido ao fato de remover diversos compostos orgânicos e inorgânicos, como por exemplo, os corantes.

O carvão ativado pode ser obtido a partir de materiais carbonáceos, tendo como característica a alta adsorção, provindo da alta área superficial e existência de uma diversidade de grupos funcionais na mesma (GUILARDUCI et al., 2006). A partir da carbonização e em seguida pela ativação com dióxido de carbono ou vapor de água, à temperatura elevada, é obtido o carvão ativado (SOARES, 1998).

De acordo com Pereira et al., (2008), devido ao fato de o carvão ativado apresentar excelentes características adsorventes, o mesmo pode ser usado em uma grande variedade de processos, tais como filtração, purificação, desodorização e separação.

O desempenho do processo de tratamento de efluente está relacionado ao tipo de efluente e carvão ativado utilizado, devendo ser selecionado o carvão ativado de acordo com o as especificidades do tratamento (MACHADO, 2007).

#### 2.2.2. Processo de Oxidação Avançada

Os processos oxidativos avançados são normalmente utilizados em tratamentos de efluentes com grandes cargas orgânicas, na qual tratamentos convencionais não atingem a eficiência demandada, realizados por meio de processos físico-químicos, alterando a estrutura química dos poluentes

utilizando agentes oxidantes fortes, capazes de gerar radicais hidroxila (-OH). (AMORIM; LEÃO; MOREIRA, 2009). Os Processos Oxidativos Avançados transformam substâncias difíceis de eliminar em substâncias biologicamente degradável, ecologicamente inofensiva ou em substâncias que possam ser eliminadas pelos processos físico-químicos convencionais (HASSEMER, 2006).

A remoção da cor do efluente é obtida através dos radicais hidroxila que atacam o cromóforo presente no corante, descolorindo então o efluente (HSUEH et al., 2005).

De acordo com Araújo (2002), os Processos Oxidativos Avançados são classificados em homogêneos e heterogêneos. Nos homogêneos ocorrem a formação de sistema em uma única fase e nos heterogêneos a formação de mais de uma na qual normalmente possuem catalisadores na forma sólida.

#### 2.2.2.1. Fotocatálise heterogênea com dióxido de titânio

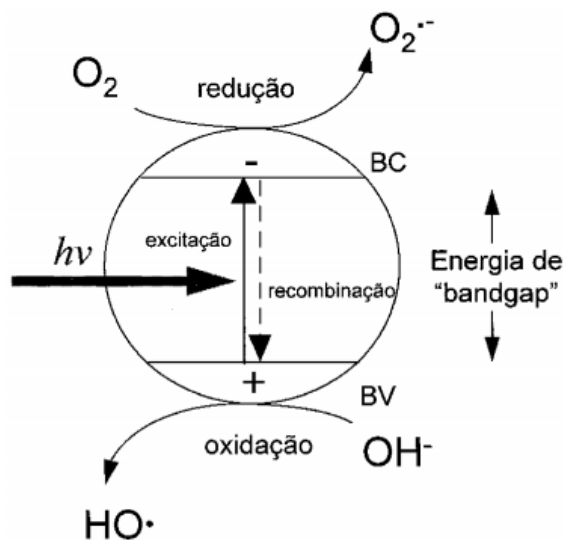
A fotocatalise heterogênea tem como principal vantagem a não utilização de reagentes químicos (DIAS et al., 2018). De acordo com Bellido et al., 2019, dentre os diversos tipos de processos oxidativos, a fotodegradação é considerada promissora, pois é um tratamento baixo custo, versátil, e ambientalmente benevolente para a maior parte dos poluentes.

Para ocorrer a fotocatalise, é necessária uma superfície catalítica (semicondutor), um componente oxidante (geralmente o oxigênio) e a emissão de um fóton, com um comprimento de onda ideal ao catalisador (PEREIRA; NAVA, 2016).

Na fotodegradação, a oxidação e a redução ocorrem em conjunto, precisando serem equilibrados para que a atividade seja efetiva. Esses dois fenômenos agem através da absorção da luz ultravioleta equivalente ao intervalo de banda. Na superfície de um semicondutor ( $\text{TiO}_2$ ) o fóton ocasiona uma transição eletrônica concebendo lacunas na banda de valência e elétrons depositados na banda de condução. Quando uma molécula de água entre em contato com o par elétron/lacuna na superfície desprotegida, o potencial originado é possibilitado para gerar radicais  $\bullet\text{OH}$  (hidroxila) a partir destas moléculas adsorvidas na banda de valência. O  $\text{OH}^\cdot$  oxida moléculas orgânicas na presença de  $\text{TiO}_2$  e elétrons na banda de condução reagem com  $\text{O}_2$  (oxigênio)

do ar para formar radical  $\bullet\text{O}_2^-$  que ocasiona o processo de redução (MISHRA et al., 2017).

Figura 4 - Princípio da Fotocatálise Heterogênea



Fonte: (NOGUEIRA; JARDIM, 1998).

A foto-oxidação com  $\text{TiO}_2$  tem sido muito utilizado devido ao fato de ter uma alta estabilidade, disponibilidade, baixo custo e menor toxicidade, também é altamente eficiente na degradação de contaminantes orgânicos e na eliminação microbológica sem a geração de lodo residual (DIAS et al., 2018). Conforme Silva (2011), outras vantagens sobre os métodos convencionais que a fotocatalise heterogênea com  $\text{TiO}_2$  apresenta é a não necessidade da adição de oxidantes químicos, possibilidade de reuso do catalisador, permite o emprego da radiação solar para a sua ativação, constitui um processo de custo relativamente baixo, ampla variedade de compostos orgânicos podem ser mineralizados. Suas propriedades de espalhamento e reflexão de raios ultravioletas (UV), também são fatores relevantes para o  $\text{TiO}_2$  ser o semicondutor mais usado na fotocatalise (PEREIRA; NAVA, 2016).

De acordo com Pereira e Nava (2016), ao dividir o  $\text{TiO}_2$  em partículas nanométricas, o mesmo se torna transparente à luz visível, mas mantém suas propriedades de espalhamento e reflexão de raios ultravioletas (UV). Por isso, o  $\text{TiO}_2$  absorve uma boa parte destes raios, favorecendo a formação de radicais HO em meio aquoso, o que beneficia a fotocatalise.

Além do material amorfo, o  $\text{TiO}_2$  é encontrado naturalmente em três formas de polimorfos cristalinos: anatase, rutilo e broquita. Para partículas com tamanhos acima de 14nm (nanômetros), a fase rutilica é a fase termodinamicamente mais estável, já para tamanhos abaixo de 14nm, a fase anatase torna-se mais estável. A anatase é a fase mais utilizada em processos fotocatalíticos por conter uma estrutura com zonas de deficiência em oxigênio, que atuam como captadoras de elétrons. O  $\text{TiO}_2$  pode também ser facilmente sintetizado em laboratório por diversas rotas sintéticas, podendo ser formado em pó, cristais ou até filmes (BRAGA, 2019).

### 2.2.3. Combinação da Fotocatálise Heterogênea com Carvão Ativado

Os processos de fotocatalise heterogênea apresentam eficiência na degradação de micropoluentes, principalmente utilizando o semicondutor  $\text{TiO}_2$  como fotocatalisador. Porém, ainda existem alguns inconvenientes para a execução de sistemas de tratamento em grande escala, o que faz com que adequações e complementações sejam apresentadas com frequência. Por isso, nos últimos anos, o uso de fotocatalisadores associados a materiais carbonáceos tem sido intensamente investigado, principalmente em função da presença de formas de carbono como carvão ativado por exemplo, com o intuito de favorecer o processo de degradação e ainda facilitar a separação do fotocatalisador após finalização do processo (ROSA, 2014).

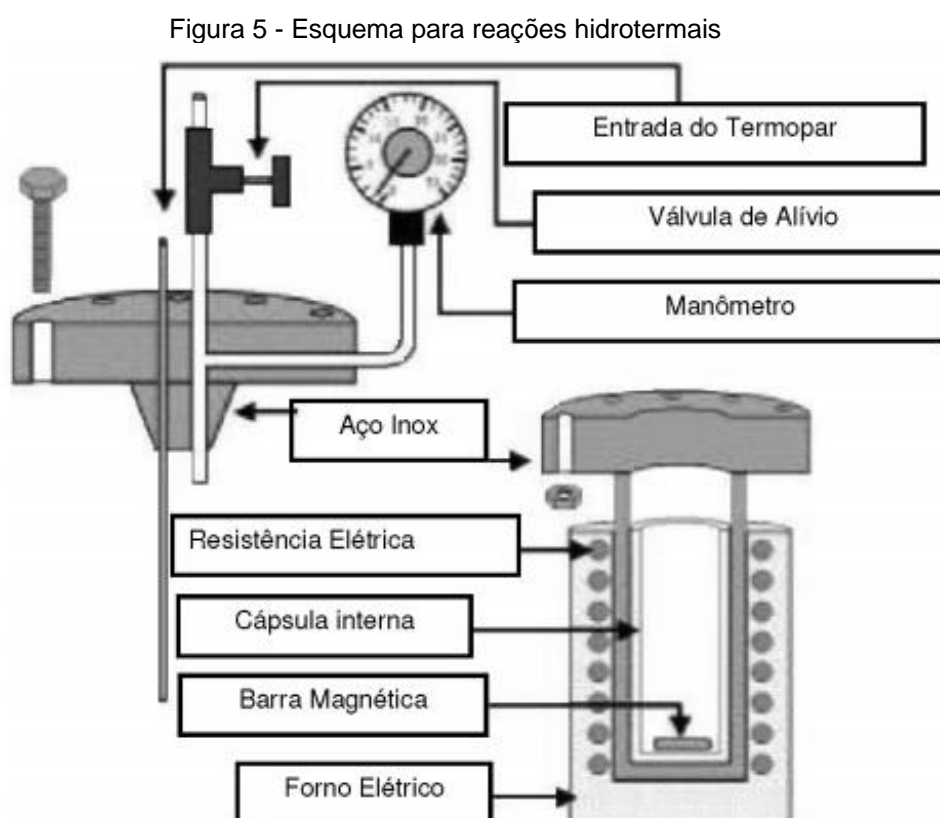
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Material

O pó de filtro será coletado na fiação de algodão Cocamar, o efluente será coletado em uma lavanderia de jeans, na qual são realizados diversos processos de beneficiamento de peças confeccionadas em jeans, ambas as empresas são instaladas na cidade de Maringá - Paraná e o catalisador a ser utilizado no trabalho será o dióxido de titânio – Anatase, da empresa Cosmo Chem.

##### 3.1.1. Carbonização Hidrotermal

O processo de carbonização hidrotermal será realizado conforme o esquema do aparato experimental para reações hidrotermais, representado na Figura 5, a partir da mistura do pó de filtro de uma determinada massa de pó de filtro, catalisador, hidróxido de sódio e água destilada.



Fonte: MOURÃO et al., (2009).

A mistura será colocada em um recipiente de teflon vedado e acoplado ao reator hidrotermal, demonstrado na Figura 6, construído em aço inoxidável.

Figura 6 - Reator Hidrotermal



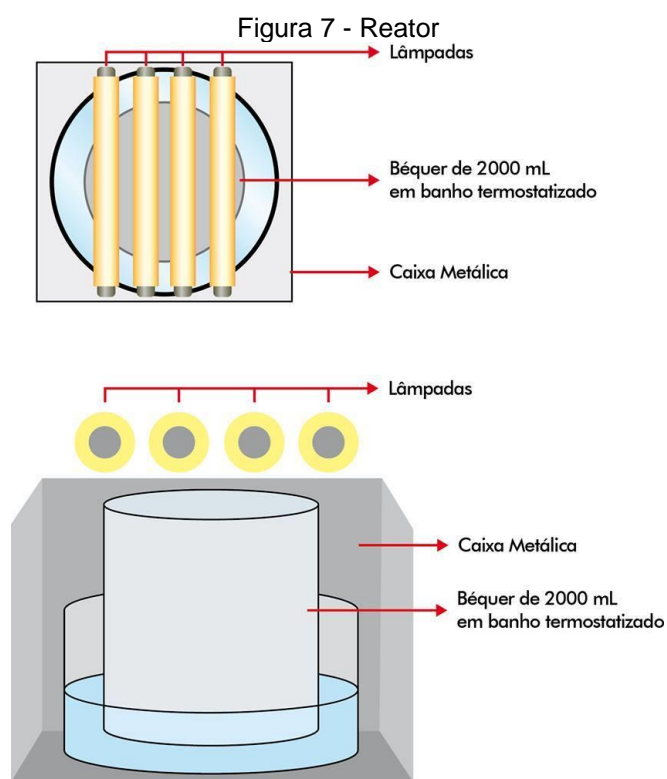
Fonte: LOURENÇO; SILVA (2018).

O equipamento irá operar em uma temperatura de aproximadamente 150°C durante 4 horas. Na sequência o material resultante será submetido ao processo de secagem em temperatura de 80°C na estufa até remover totalmente a água residual.

### 3.1.2. Fotocatálise Heterogênea

Os ensaios foto-oxidativos serão realizados em reator tipo lama, em escala de bancada, instalado no Laboratório de Grupo de pesquisa GETECA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Esse reator, conforme Figura 7, é composto por um béquer de 2000 mL, sob o béquer estão posicionadas as quatro lâmpadas germicidas de 15 W cada, totalizando uma fonte de radiação ultravioleta de 60 W. Todo o sistema foi isolado ambientalmente, por meio de uma caixa metálica, evitando a dissipação da radiação.



Fonte: Ribeiro (2015).

O efluente contendo carvão ativado será colocado no reator, e durante 10 minutos permanecerá sob agitação no escuro para que ocorra a adsorção inicial e após esse período, as lâmpadas serão ligadas e o efluente permanecerá em tratamento durante o tempo pré determinado, o qual será estabelecido a partir de ensaios preliminares, que direcionarão para a escolha das variáveis a serem utilizadas.

No final do processo serão retiradas amostras de 50 mL, centrifugadas por 20 minutos a 350 rpm, para remover as partículas do catalisador e das fibras em suspensão, será analisada a remoção de turbidez do efluente em turbidímetro e analisadas em espectrofotômetro para determinação da remoção de cor por meio da determinação do espectro de máxima absorbância do efluente calculado conforme equação a seguir.

$$\text{Descoloração (\%)} = \frac{(Abs_i - Abs_f)}{Abs_i} \cdot 100$$

Sendo,

$Abs_i$  = Absorbância da solução antes do tratamento

$Abs_f$  = Absorbância da solução após o tratamento



#### 4. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Quadro 1 – Cronograma de Atividades do TCC 1

2019																				
	Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definição do tema	X	X																		
Pesquisa Bibliográfica																				
Objetivos																				
Justificativa																				
Referencial Teórico																				
Metodologia																				
Entrega do TCC para banca																				
Defesa TCC 1																				
Entrega final																				

Fonte: Autora (2019).

## REFERÊNCIAS

ABIT. **O Setor Têxtil e de Confecção e os Desafios da Sustentabilidade**. 2017. Disponível em: <[https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2019.

AMORIM, Camila Costa de; LEÃO, Mônica Maria Diniz; MOREIRA, Regina de Fátima Peralta Muniz. Comparação entre Diferentes Processos Oxidativos Avançados para Degradação de Corante Azo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 14, n. 4, p.543-550, dez. 2009.

ARAUJO, Fabiana Valéria da Fonseca; YOKOYAMA, Lídia; TEIXEIRA, Luiz Alberto César. 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, fev. 2006.

ARAÚJO, Renata Nogueira de. **Degradação do Corante Azul Reativo 19 Usando UV; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; Fenton e Foto-fenton: Aplicação em Efluentes Têxteis**. 2002. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

BARBOSA, Guilherme de Andrade Carvalho Dantas. **Determinação da Remoção de Cor e Parâmetros Físico-Químicos em Efluente Têxtil Via Adsorção**. 2018. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

BELLIDO, Jorge David Alguiar et al. Fotocatálise Heterogênea Aplicada no Tratamento do Corante Rodamina b – Uso de Catalisador de TiO<sub>2</sub> sob Radiação UV. **E-xacta**, v. 12, n. 1, p.11-13, 23 jun. 2019.

BRAGA, Cristian Sergio. **Síntese de Fotocatalisadores Baseados em Óxidos de Ferro e Dióxido de Titânio para Aplicação em Fotodegradação de Basagran®**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

DALLAGO, Rogério Marcos; SMANIOTTO, Alessandra; OLIVEIRA, Luiz Carlos Alves de. Resíduos Sólidos de Curtumes como Adsorventes para a Remoção de Corantes em Meio Aquoso. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p.433-437, fev. 2005.

DIAS, Fernando Ferreira da Silva et al. Tratamento de Efluente da Indústria de Laticínios Aplicando Processo Oxidativo Avançado (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>/UV). **GEAMA**, Recife, v. 4, n. 3, p.10-15, set. 2018.

DIAS, Fernando F. et al. Tratamento de Efluente Têxtil Através de Processo Oxidativo Avançado ( $H_2O_2/TiO_2/UV$ ). **GEAMA: Ciências Ambientais e Biotecnologia**, Recife, v. 4, n. 3, p.4-9, set. 2018.

FERRARI, Ana Maria et al.  $CaTiO_3$  Perovskite in the Photocatalysis of Textile Wastewater. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 14, n. 3, p.1-11, 20 maio 2019. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi).

FERREIRA, Patricia Cunico. **Remoção de Corantes de Efluente Têxtil por Zeólita de Cinzas de Carvão Modificada por Surfactante e Avaliação dos Efeitos Tóxicos**. 2015. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FREIRE, Flavio Bentes; FREITAS, Sandra Iembo de. Avaliação da Remoção de Cor de um Efluente Têxtil Sintético. **Remo**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p.241-249, set. 2010.

FREIRE, Layla F. A. et al. Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana. **Revista Processos Químicos**, Anápolis, v. 12, n. 24, p.9-17, 2 jul. 2018.

GARCIA, Odair Lopes. **Avaliação da Competitividade da Indústria Têxtil Brasileira**. 1994. 219 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

GUARATINI, Cláudia C.I.; ZANONI, Maria Valnice B. Corantes têxteis. **Química nova**, São Paulo, p. 71-78, 2000.

GUILARDUCI, Viviane V. da S. et al. Adsorção de Fenol Sobre Carvão Ativado em Meio Alcalino. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p.1-7, jun. 2006.

HASSEMER, Maria Eliza Nagel. **Oxidação Fotoquímica - UV/ $H_2O_2$  - para Degradação de Poluentes em Efluentes da Indústria Têxtil**. 2006. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HSUEH, C.I. et al. *Degradation of Azo Dyes Using Low Iron Concentration of Fenton and Fenton-like System*. **Chemosphere**, [s.l.], v. 58, n. 10, p.1409-1414, mar. 2005.

KUNZ, Airton et al. Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 1, p.78-82, jun. 2002.

LOPES, Mayara Sakamoto. **Remoção do Corante Azul Reativo 19 por Adsorção em Carvão Ativado e em Lama Vermelha nas Formas Naturais e Tratadas por Ozônio**. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2017.

LOURENÇO, Gabriella Renata; SILVA, Taís Larissa da. Processo de pré-tratamento Hidrotermal de Resíduo Têxtil para Produção de Carvão Ativado. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 23., 2018, Apucarana. **Anais...**. Apucarana: Ufpr, 2018. p. 1 – 7

MACHADO, Luciano Luiz. **Utilização de Compósito Carvão/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Pirita como Catalisadores da Peroxidação de Efluentes Têxteis**. 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MISHRA, Amit et al. *Enhanced heterogeneous photodegradation of VOC and dye using microwave synthesized TiO<sub>2</sub>/Clay nanocomposites: A comparison study of different type of clays*. **Journal Of Alloys And Compounds**, Amsterdã, v. 694, p.574-580, fev. 2017.

MONTANHER, Silvana Fernandes; FARIAS, Larissa Bello Neves; DALPASQUALE, Mariane. Adsorção de corantes têxteis em serragem de MDF (Medium-Density Fiberboard). **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p.14776-14789, 2019.

MOURÃO, Henrique A. J. L. et al. Nanoestruturas em Fotocatálise: Uma Revisão sobre Estratégias de Síntese de Fotocatalisadores em Escala Nanométrica. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p.2181-2190, 2009.

NOGUEIRA, Raquel F. P.; JARDIM, Wilson F.. A Fotocatálise Heterogênea e sua Aplicação Ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p.69-72, fev. 1998.

PAGANNI, N. C.; EURICH, V. R. P.; FRANCO, J. M. Gerenciamento De Resíduos Sólidos De Indústria De Fios Em Cooperativa Agroindustrial. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2., 2011, Londrina. Anais eletrônico... Londrina: IBEAS, 2011.

PAIVA, Rebeqa Spindola de Almeida. **Modelo para Observação das Etapas Produtivas em Empresas de Confecção**. 2010. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Moda, Cultura de Moda e Arte, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

PEREIRA, Cíntia Andreia Alves; NAVA, Mariana Riboli. **Estudo da Fotodegradação de Efluente de Celulose e Papel com Fotocatalisadores Sintetizados Via Precursores DE TiO<sub>2</sub>**. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

PEREIRA, Elaine et al. Preparação de Carvão Ativado em Baixas Temperaturas de Carbonização a Partir de Rejeitos de Café: Utilização de FeCl<sub>3</sub> como Agente Ativante. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p.1-5, jul. 2008.

PINHEIRO, Eliane. **Contribuição da Logística Reversa para a Destinação de Resíduos Sólidos Têxteis do APL do Vestuário de Maringá /Cianorte –**

PR. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

RIBEIRO, Jefferson Pereira et al. Uso do processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV - Adsorção no tratamento de efluente têxtil. **DAE**, São Paulo, v. 58, n. 183, p.4-8, 2010.

RIBEIRO, Valquíria Aparecida dos Santos. **Tratamento de Efluente de Lavanderia Industrial de Jeans por Fotocatálise Heterogênea Aplicando Catalisadores em Suspensão e Imobilizado**. 2015. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

RIBEIRO, Valquíria Aparecida dos Santos; TAVARES, Célia Regina Granhen. Análise do Reuso de Efluente de Lavanderia de Jeans Tratado por Fotocatálise Heterogênea. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**. São José dos Pinhais, p. 395-404. ago. 2018.

RODRIGUES, Lucimone Salete; HENKES, Jairo Afonso. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA INDÚSTRIA TEXTIL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p.700-745, 19 fev. 2018.

ROSA, Suzamar Moura Costa. **Preparo, Caracterização e Uso de Nanocompósitos Contendo TiO<sub>2</sub> e Carvão Ativado, Visando a Degradação de Estrogênios por Fotocatálise Heterogênea**. 2014. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SALGADO, Bruno César Barroso et al. Descoloração de Efluentes Aquosos Sintéticos e Têxtil Contendo Corantes Índigo e Azo via Processos Fenton e Foto-assistidos (UV e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p.1-8, mar. 2009.

SANTOS, Anderson da Silva. **Práticas de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Gerados na Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções no Município de Tobias Barreto (SE)**. 2018. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2018.

SCHIMMEL, Daiana. **Adsorção dos Corantes Reativos Azul 5G e Azul Turquesa QG em Carvão Ativado Comercial**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

SILVA, Anabela Neves da. **Valorização de Resíduos Têxteis**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade do Minho, Portugal, 2009.

SILVA, Elenara Oliveira da et al. Produção de Carvão Ativado a partir da Palha de Azevém para Adsorção de Corante Têxtil. **Revista da Jornada da Pós-graduação e Pesquisa - Congrega**, Bagé, v. 15, n. 15, p.194-208, out. 2018.

SILVA, Márcia Gomes da. **Corantes Naturais no Tingimento e Acabamento Antimicrobiano e Anti-UV de Fibras Têxteis**. 2018. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, Portugal, 2018.

SILVA, Vanessa Farias da. **Tratamento Fotocatalítico de Efluente Têxtil Empregando  $\text{TiO}_2$  em Pó e Suportado**. 2011. 233 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SOARES, José Luciano. **Remoção de Corantes Têxteis por Adsorção em Carvão Mineral Ativado com Alto Teor de Cinzas**. 1998. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SOUZA, Cláudio Roberto Lima de; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Degradação de Corantes Reativos pelo Sistema Ferro Metálico/Peróxido de Hidrogênio. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p.226-228, mar. 2005.

**TEXTILE TODAY: Invisible price we pay for producing a garment is concerning for environment. Bangladesh: T&m Sourcing**, mar. 2019. Disponível em: <<https://www.textiletoday.com.bd/invisible-price-pay-producing-garment-concerning-environment/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

YASMINA, Mokhbi et al. *Treatment Heterogeneous Photocatalysis; Factors Influencing the Photocatalytic Degradation by  $\text{TiO}_2$* . **Elsevier**, Amsterdã, v. 50, n. 1, p.559-566, jun. 2014.