

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL

**ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE FIBRAS NATURAIS DA  
MELANCIA (*Citrullus lanatus*) E DO COCO (*Cocos nucifera*) NA  
ADSORÇÃO DO CORANTE RBBR (Remazol Brilliant Blue Reactive)**

Amanda Karoline de Lima  
Ana Carolina Volkmann  
Luana Beatriz Sassi  
Lucas Diego Tomaselli  
Melissa Dominique de Sousa Krueger  
Muriele Macelai  
Stephany Cristine de Gois

Jaraguá do Sul, 2017

Amanda Karoline de Lima  
Ana Carolina Volkmann  
Luana Beatriz Sassi  
Lucas Diego Tomaselli  
Melissa Dominique de Sousa Krueger  
Muriele Macelai  
Stephany Cristine de Gois

**ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE FIBRAS NATURAIS DA  
MELANCIA (*Citrullus lanatus*) E DO COCO (*Cocos nucifera*) NA  
ADSORÇÃO DO CORANTE RBBR (Remazol Brilliant Blue Reactive)**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> MSc. Karine Thaise Rainert.

Jaraguá do Sul, 2017

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA.....</b>	<b>04</b>
<b>2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>04</b>
<b>3 PROBLEMA.....</b>	<b>04</b>
<b>4 HIPÓTESES.....</b>	<b>04</b>
<b>5 OBJETIVOS.....</b>	<b>05</b>
<b>6 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>05</b>
<b>7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>07</b>
7.1 IMPACTO AMBIENTAL.....	07
7.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	08
7.2.1 Resíduos da melancia.....	09
7.2.2 Resíduos do coco.....	10
7.3 CORANTES.....	11
7.4 PROCESSOS DE REMOÇÃO DE EFLUENTES.....	13
7.5 ADSORÇÃO.....	15
7.6 CINÉTICA DE ADSORÇÃO.....	16
7.7 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO.....	16
<b>8 METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
8.1 ADSORVATO.....	17
8.1.1 Adsorvente.....	17
8.2 DETERMINAÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS DE SUPERFÍCIE.....	18
8.3 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE CARGA ZERO (PZC).....	18
8.4 TESTES PRELIMINARES DE ADSORÇÃO.....	19
8.5 CINÉTICA DE ADSORÇÃO.....	20
8.6 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO.....	20
<b>9 CRONOGRAMA.....</b>	<b>21</b>
<b>10 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## **1 TEMA**

Estudo comparativo do uso de fibras naturais de melancia (*Citrullus lanatus*) e coco (*Cocos nucifera*) na adsorção do corante RBBR (Remazol Brilliant Blue Reactive).

## **2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Estudo comparativo do uso de fibras naturais de melancia (*Citrullus lanatus*) e coco (*Cocos nucifera*) na adsorção do corante RBBR presente em efluente têxtil.

## **3 PROBLEMA**

O acúmulo de resíduos agroindustriais provocam problemas ambientais, visto que grande quantidade desses resíduos são descartados em aterros sanitários. A melancia e o coco são frutos de casca resistente e fibrosas, devido às suas características físico-químicas. Com isso questiona-se: É possível utilizar as fibras de coco e de melancia como agente adsorvente do corante têxtil RBBR?

## **4 HIPÓTESES**

§ O resíduo do coco pode ser utilizado como adsorvente para promover a adsorção do corante têxtil RBBR;

§ O resíduo da melancia pode ser utilizado como adsorvente para promover a adsorção do corante têxtil RBBR;

§ Os filtros produzidos a partir das fibras do coco e da melancia apresentam a mesma eficácia na adsorção do corante têxtil RBBR;

§ Será necessário uma maior quantidade de melancia para a produção do filtro fibroso quando comparado a quantidade utilizada do coco.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo geral**

Comparar a eficácia das fibras do coco e da melancia na adsorção do corante têxtil RBBR.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Verificar as propriedades físico-químicas das fibras de coco e melancia;
- Produzir um filtro orgânico a partir das fibras do coco e da melancia;
- Averiguar se o filtro produzido será capaz de reter os compostos dos derivados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs);
- Analisar o valor de pH mais adequado no processo adsortivo.

## **6 JUSTIFICATIVA**

A indústria têxtil é uma das maiores geradoras de efluentes líquidos. Os efluentes provindos dessas indústrias são complexos, podendo ter em sua composição uma ampla variedade de corantes, ácidos, bases e oxidantes, entre outros. Em geral, os efluentes têxteis são altamente coloridos, com altas demandas químicas e biológicas de oxigênio, alta condutividade e normalmente são alcalinos (PERUZZO, 2003).

Mais de 700 mil toneladas, de 10 mil tipos de corantes, são produzidos anualmente no mundo e, no Brasil, sendo o setor têxtil responsável por 2,6% da demanda mundial (ZANONI; CARNEIRO, 2001). Estima-se que pelo menos 30% dos corantes, utilizados nos processamentos têxteis, se perdem nos resíduos

durante as etapas secundárias do beneficiamento (DALTIM, 1997). Assim, um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil, atualmente, está relacionado à eliminação desses efluentes, considerando, sobretudo, a composição predominantemente de corantes, cujos grupos funcionais e cromóforos são diferenciados, além da presença de anéis aromáticos típicos dos corantes sintéticos (BUMPUS, 1995; SLOKAR; MAJCENTE MARECHAL, 1998; GUARATINI; ZANONI, 2000).

O corante RBRR apresenta em sua composição os compostos que pertencem a família de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Esses compostos não apresentam coloração, sendo assim, seus efeitos não são notáveis de imediato. Em virtude de suas propriedades físico-químicas e da sua grande distribuição ambiental, o risco de contaminação humana por essas substâncias é significativo. De fato, devido ao seu caráter lipofílico, os HPAs e seus derivados podem ser absorvidos pela pele, por ingestão ou por inalação, sendo rapidamente distribuídos pelo organismo (Agency For Toxic Substances And Disease Registry, 1995).

Em relação a remoção da cor desse tipo de efluente são utilizados diversos processos. Dentre eles, a adsorção, que é um processo no qual há a adesão de partículas de um fluido a uma superfície sólida. O processo de adsorção é influenciado pelo adsorvente utilizado, podendo ser carvão ativado, adsorventes sintéticos poliméricos, adsorventes naturais de baixo custo, entre outros, e por suas características variáveis, como temperatura, pressão e área superficial do adsorvente (FERNANDES et al., 2010).

O adsorvente mais utilizado atualmente é o carvão ativado que apresenta elevada eficiência e pode ser utilizado nos mais variados tipos de tratamentos. Entretanto, um dos pontos problemáticos deste adsorvente é o seu alto custo de obtenção, que dependendo do processo torna-se inviável a sua utilização. Entre os materiais que podem ser utilizados neste processo, estão os resíduos agroindustriais, como é o caso dos frutos da melancia e do coco verde. Estes se caracterizam-se como frutos fibrosos, podendo substituir o carvão ativado, além desses frutos existirem em afluência, apresentam uma grande quantidade de rejeitos orgânicos (FERNANDES et al., 2010).

O Brasil está em terceiro lugar entre os países produtores no ramo de fruticultura e se enquadra como o 4º maior produtor mundial de melancia, cuja produção alcançou 2.267.880 toneladas em 2000 (COSTA; LEITE, [20--]). De modo geral, em torno de 35% da produção agrícola brasileira é desperdiçada, destacando um valor de 30% de perdas para a melancia. Salienta-se ainda que este dado refere-se à sua polpa, desprezando a real contribuição do fruto por não serem computados os descartes de suas cascas, podendo, neste caso, alcançar valores de até 50% de perdas (DIAS, 2003).

Assim surge a necessidade de se estudar adsorventes alternativos, que estejam disponíveis em grandes quantidades e que tenham um baixo custo.

## **7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **7.1 IMPACTO AMBIENTAL**

Atualmente as indústrias necessitam de um elevado volume de água de boa qualidade, porém, após os processos industriais é gerado um grande volume de águas residuárias que, por sua vez, é carregado de sólidos e materiais orgânicos (SANTOS, 2013). Por este motivo é necessário empregar técnicas de tratamento para que estas águas possam ser descartadas em corpos receptores sem que ocasionem poluição ou qualquer tipo de impacto ambiental (FURLAN, 2008).

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, aos consumos humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, torna necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e minimizar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias (HESPANHOL; GONÇALVES, 2004).

A poluição de efluentes preocupa a sociedade cada vez mais, sendo a água uma necessidade básica e essencial a todos. Com a expansão do setor industrial e

o crescimento populacional, houve um grande aumento na geração de efluentes, e o grande problema é o fato desses efluentes serem despejados muitas vezes nos rios, contendo metais tóxicos sem nenhum tratamento, prejudicando a potabilidade da água para consumo humano, provocando desequilíbrios de ecossistemas aquáticos e podendo prejudicar a saúde humana. Sendo o setor industrial um importante usuário de água, é fundamental que seu desenvolvimento se dê de forma sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água (ALMADA, 2008).

Como na legislação ambiental estão estabelecidos padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos, torna-se necessário, caso a opção seja esta forma de destinação final, o tratamento dessas águas residuárias (LO MONACO et al., 2009).

Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento. A contaminação de corpos d'água por efluentes têxteis acabam gerando, além da poluição visual, alterações em ciclos biológicos e ainda, podem conter compostos carcinogênicos e/ou mutagênicos (SILVA; FERREIRA; LIMA, 2013).

Entre os vários segmentos de indústrias que necessitam de um tratamento posterior de água, está a indústria têxtil, que gera efluentes com uma forte coloração devido à utilização de corantes nos processos de tingimento, além de grande quantidade de sólidos suspensos, elevadas concentrações de DQO (demanda química de oxigênio, que consiste em medir a quantidade de matéria orgânica sujeita à oxidação por meios químicos), significativa quantidade de metais pesados, compostos orgânicos clorados e surfactantes (KUNZ et al., 2002).

Um tratamento alternativo para esses efluentes é o processo de adsorção com utilização de biomassas residuais, sendo materiais de recursos renováveis, biodegradáveis e com baixo custo. O metal adsorvido pode ser recuperado pelo processo de dessorção, assim possibilitando seu reuso. Um exemplo disso é a fibra do coco verde espécie de baixo custo e abundante no Brasil que possibilita adsorver metais como chumbo e níquel (SILVA; FERREIRA; LIMA, 2013).

## 7.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Atualmente é crescente a atenção para o reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos mais diversos processos industriais. O agronegócio brasileiro vem crescendo de uma forma acentuada, com isso é possível que o país fique em destaque no processo de reaproveitamento de resíduos sólidos. Um estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no Centro de Agroindústria de Alimentos mostra que o brasileiro joga fora mais do que aquilo que come. Em hortaliças, por exemplo, o total anual de desperdício é de 37 quilos por habitante (PORTELA, 2009).

Os resíduos provenientes de alimentos possuem quantidades consideráveis de cascas, caroços, e além de serem fonte de matéria orgânica, são fontes de proteínas, enzimas e óleos, o que possibilita o reaproveitamento desses resíduos. A perda de alimentos, na maioria das vezes, ocorre por despreparo das pessoas do ramo da agroindústria e dos consumidores. Do total de desperdício no país, 10% ocorrem durante a colheita; 50% no manuseio e transporte dos alimentos; 30% nas centrais de abastecimento; e os últimos 10% ficam diluídos entre supermercados e consumidores (PORTELA, 2009).

### 7.2.1 Resíduos da melancia

A melancia é uma boa fonte de vitaminas B, bem como sais minerais tais como o potássio e magnésio. Embora desperdiçadas, as cascas de frutas e vegetais em geral possuem inúmeras características nutricionais relevantes, a entrecasca da melancia destaca-se por possuir valores expressivos de minerais e fibras alimentares (GUIMARÃES; FREITAS; SILVA, 2010). Ela também é um subproduto rico em fibras alimentares insolúveis. A morfologia do fruto da melancia está representado na Figura 1:

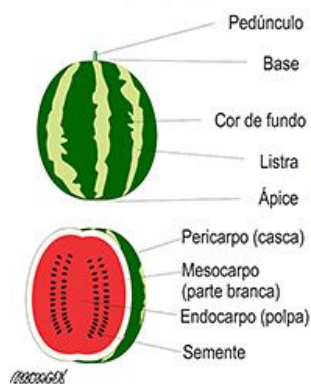


Figura 1: Morfologia e variedade dos frutos da melancia

Fonte: Adaptado de Hortiescolha<sup>1</sup>

O endocarpo da melancia se caracteriza como a polpa do fruto, o qual é consumido. Em razão do alto consumo desse fruto, geram-se enormes resíduos, dentre esses resíduos destacam-se o pericarpo e o mesocarpo que constituem a fração fibrosa.

A fração fibrosa da melancia pode ser utilizada para diversos fins artesanais, assim como, poderá ser utilizada na produção de um filtro orgânico. Na literatura, existem poucos trabalhos que abordam o uso da fibra da melancia em tratamentos de águas residuárias e, principalmente, como material filtrante em filtros orgânicos. Os trabalhos já existentes referem-se apenas na utilização das fibras do coco verde, que, de alguma forma, estão associadas ao tema (LO MONACO et al., 2009).

### 7.2.2 Resíduos do coco

O Brasil é líder mundial na produção de coco verde, gerando cerca de 6,7 milhões de toneladas de casca por ano, que leva mais de oito anos para se decompor e representa cerca de 80% a 85% do peso bruto do coco verde. Estes resíduos têm sido destinados a aterros sanitários e lixões, acarretando um grave problema ambiental, pois como toda matéria orgânica é um potencial emissor de gás metano e acaba contribuindo para que a vida útil desses depósitos seja diminuída, proliferando focos de vetores transmissores de doenças, possível contaminação do

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.hortiescolha.com.br/hortipedia/produto/melancia>>.

solo e de corpos d'água, além de mau cheiro e destruição da paisagem urbana (ROSA et al., 2001).

O coco verde é composto por três principais frações, são elas: exocarpo (caracterizado como o envoltório do fruto); mesocarpo fibroso (núcleo externo responsável pela maior parte fibrosa do coco verde), e endocarpo e/ou casca (núcleo rígido do fruto responsável por armazenar o suco e a polpa do coco verde).

A morfologia do coco verde será apresentada na Figura 2:

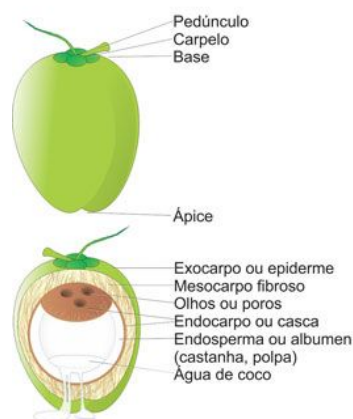


Figura 2: Morfologia do coco verde.

Fonte: Adaptado de Hortiescolha<sup>2</sup>

Com o alto consumo do suco do coco verde, popularmente conhecido como água de coco, geram-se altos resíduos, sendo cerca de 70% do lixo gerado nas praias do nordeste brasileiro composto por cascas de coco verde. As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos, sendo caracterizados pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina (CORRADINI et al., 2009).

Sendo assim, devido a maior quantidade de fibras do coco verde, destacam-se os filtros para tratamentos de águas residuárias. Encontram-se citadas algumas patentes de utilização da fibra de coco, dentre outros materiais, para ser usada como material filtrante (LO MONACO et al., 2009).

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.hortiescolha.com.br/hortipedia/produto/coco-verde>>.

### 7.3 CORANTES

Segundo o Conselho Regional de Química (2011), os corantes são utilizados desde a antiguidade para dar cor aos tecidos, sendo retirados de sementes, frutos, flores, etc. Porém, em meados do século XIX, a revolução industrial fez com que a indústria de corantes mudasse radicalmente. Com o aumento da demanda por produtos químicos na indústria têxtil e o avanço da indústria química, surgiram os corantes sintetizados quimicamente, que foram substituindo os corantes naturais.

Corantes têxteis são compostos orgânicos utilizados para dar cor às fibras sob condições de processos preestabelecidos. Eles infiltram nas fibras, podendo reagir com o material durante o tingimento. A categoria do corante depende do tipo da fibra. Para as fibras celulósicas, como o algodão, são aplicados os corantes reativos, diretos, azóicos e sulfurosos. Para a seleção do corante, deve se levar em conta as características técnicas que se deseja atingir, como, por exemplo, resistência à luz, à fricção e ao suor (CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA, 2011).

Com a tecnologia atual, o tingimento do tecido consiste de várias etapas, selecionadas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, considerações econômicas e muitas outras (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Corantes reativos caracterizam-se por conter um grupo eletrofílico, ou seja, reativo, capaz de estruturar uma ligação covalente com os grupos hidroxilas, fibras celulósicas, com grupos tióis, hidroxila e amino das fibras protéicas, e do mesmo modo com grupos amino das poliamidas. Existem numerosos tipos de corantes reativos, porém os principais contêm a função azo e antraquinona como grupos cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoetilsulfonila como grupos reativos. Neste tipo de corante, a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Desta forma obtém-se elevado grau de fixação, menos corante hidrolisado, menos lavagens após tingimento, dentre outros benefícios. Porém se não tratados

adequadamente e lançados em águas naturais tais efluentes podem modificar o ecossistema, apresentam alta toxicidade a saúde humana e aquática, por diminuir a transparência da água e a penetração solar modificando a atividade fotossintética e o regime de solubilidade dos gases (SOUZA, 2006).

O corante o RBBR (*Remazol Brilliant Blue Reactive*), Figura 3, é um corante reativo.

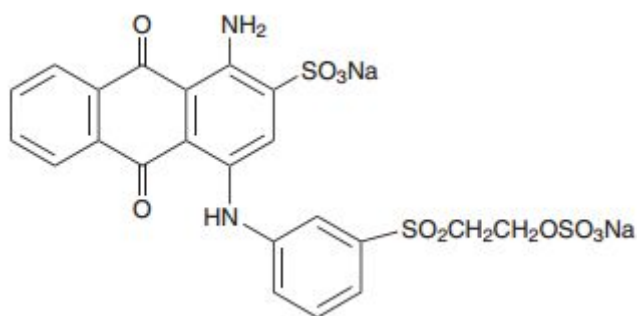


Figura 3: Fórmula Molecular do corante RBBR

Fonte: Acervo próprio<sup>3</sup>

Sendo um corante reativo, o RBBR é bastante utilizado na indústria têxtil para tingir aos tecidos sua cor, o azul. Possui cores brilhantes, simples técnicas de aplicação, baixo consumo de energia e baixo custo de processo, porém, não é facilmente biodegradado, acarretando que mesmo após o tratamento a cor ainda permaneça no efluente. É também utilizado por conter outras características, como resistência à oxidação química e pouca capacidade de fixação (75-80%). Portanto, é de muita importância que seja traçada uma boa estratégia para eliminar a cor e reduzir os corpos de águas naturais (RAINERT, 2016).

Assim como outros corantes reativos, pode se tornar prejudicial se despejado em águas naturais sem o tratamento adequado. Por isso, nos últimos anos, surgiram vários estudos para tentar solucionar o problema do tratamento desses efluentes têxteis, trazendo melhores resultados no uso de microrganismos para degradar o corante do que em métodos químicos (TRIVEDI et al., 2009).

---

<sup>3</sup> Baseado em Silva et al, 2012.

## 7.4 PROCESSOS DE REMOÇÃO DE EFLUENTES

A indústria têxtil vem crescendo gradativamente gerando uma grande quantidade de efluentes químicos, devido a presença de corantes sintéticos que durante o processo não se consolidaram na fibra. Aproximadamente 10 mil diferentes corantes são produzidos todos os anos para vários processos industriais. No processo de tingimento de tecidos, há uma estimativa de que 12% a 14% dos corantes têxteis são liberados para o fluxo de água. Além disso, a maioria deles é classificada como tóxica e até cancerígena para organismos aquáticos e humanos (SANTOS, 2013).

Do aspecto ambiental, a remoção de cor de efluentes se manifesta de maneira significativa, visto que o corante possui toxicidade, sendo visíveis em alguns casos mesmo em concentrações tão baixas quanto 1 ppm (1 mg/L). Este comportamento apresenta vantagens e desvantagens, pois uma pequena quantidade lançada em efluentes aquáticos pode causar uma acentuada mudança de coloração dos rios resultando em graves problemas estéticos além de reduzir alguns processos fotossintéticos (GUARATINI; ZANONI, 2000; ALMEIDA et al, 2004). Do mesmo modo tal efluente pode apresentar riscos à saúde humana, devido a contaminação dos rios, morte e o atraso na regeneração de organismos aquáticos, contaminação dos solos, entre outros.

A remoção dos corantes é considerada um desafio ambiental, já que a legislação exige o tratamento dos efluentes industriais, portanto, ter um processo eficaz para a sua descoloração se torna uma necessidade constante. Deste modo, métodos para remoção da cor das águas de rejeito têm recebido uma enorme importância nos últimos anos. O desenvolvimento de tecnologias apropriadas para tratamento de efluentes têm demonstrado a conscientização e rigidez das regras ambientais. As principais técnicas disponíveis na literatura para descoloração das águas de rejeito envolvem principalmente processos de adsorção, precipitação, degradação química, eletroquímica e fotoquímica, biodegradação, entre outros (GUARATINI; ZANONI, 2000; ALMEIDA et al., 2004; SALLES; PELEGRINI; PELEGRINI, 2006; KUNZ et al., 2002).

Quanto aos processos de coagulação e precipitação, são processos de baixa eficiência e de custos elevados. As técnicas de adsorção têm se baseado na remoção do corante através da passagem da amostra em carvão ativo, sílica gel, bauxita, resinas de troca-iônica, derivados de celulose, entre outros. Em geral, oferecem um método lento, não econômico, porém efetivo principalmente para volumes de pequena escala (GUARATINI; ZANONI, 2000; KUNZ et al., 2002).

Os métodos convencionais empregados para tratamento de efluentes líquidos classificam-se genericamente como primários ou mecânicos, secundários ou biológicos e terciários ou físico-químicos e constituem aqueles empregados nas indústrias têxteis.

O Quadro 1 resume as opções existentes para cada rejeito têxtil:

Quadro 1: Processos de tratamento de efluentes

<b>Tratamento</b>	<b>Tipo de Processo</b>	<b>Operação Unitária</b>
Primário	Físico	Equalização Gradeamento Clarificação Sedimentação Flotação
	Químico	Neutralização Coagulação Precipitação
Secundário	Biológico	Lodos Ativados Lagoas de esterilização Filtros Biológicos
Terciário	Químico	Coagulação Precipitação Ozonização
	Físico	Clarificação (carvão ativo) Ultrafiltração
Avançado	Físico	Osmose Reversa Evaporação

Fonte: Adaptado de Peres e Abrahão (1998).

Apesar de existirem diversos meios de tratamentos de efluentes, esses não funcionam de maneira efetiva, visto que segundo Carvalho (2011) os compostos orgânicos aromáticos são uma classe que merece mais atenção por ter alta toxicidade (ao meio ambiente, flora e fauna, como aos seres humanos). Além disso, são essencialmente solúveis e não podem ser removidos por tratamentos convencionais de separação por gravidade.

## 7.5 ADSORÇÃO

Adsorção é um processo onde ocorre o acúmulo de uma substância em uma área de interação. Tal fenômeno é relacionado a tensão superficial de soluções e acontece em todos os tipos de interface - como gás-sólido, solução-sólido, solução-gás, solução-solução. Sendo assim, ao material que adsorve é dado o nome de adsorvente e ao adsorvido de adsorbato (GUELFÍ; SHEER, 2007).

Materiais porosos ou divididos de maneira fina apresentam alta propriedade de reter moléculas em sua superfície. Entre eles está o carvão ativado, o qual é tratado para fornecer maior área superficial. Ele é empregado em processos de tratamento de efluentes, de odores e, ainda, de gases neurotóxicos. Quando comparado a outros procedimentos, o carvão apresenta maior eficácia na remoção de cor e compostos orgânicos, entretanto, demonstra deficiência quanto à retirada de substâncias com caráter catiônico (KUNZ et al., 2002).

## 7.6 CINÉTICA DE ADSORÇÃO

A cinética de adsorção é um procedimento importante para análise do tempo em que o adsorvente atinge a completa saturação em uma determinada condição. A melhor condição obtida no planejamento fatorial será utilizada para realização do estudo cinético. Os modelos cinéticos são representados por equações matemáticas usadas para descrever o perfil de adsorção de solutos por sólidos, o que permite conhecer mais sobre o processo de adsorção (ZEFERINO; FREITAS, s/d).

Uma das primeiras equações para adsorção em superfícies sólidas em um sistema de adsorção sólido/líquido é a equação cinética de pseudo-primeira ordem.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{K_1}{2,303} \times t \quad (1)$$

A equação de pseudo-primeira ordem é a mais utilizada para adsorção de um soluto de uma solução líquida, onde  $K_1$  é a constante de velocidade de adsorção em  $\text{min}^{-1}$ ,  $q_e$  é a quantidade de corante adsorvida ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) no equilíbrio, e  $q_t$  é a quantidade de corante adsorvido ao longo do tempo  $t$  (min) (PUC-RIO, s/d).

A equação de pseudo-segunda ordem é baseada na capacidade de adsorção da fase sólida onde descreve o comportamento do processo em toda a faixa de tempo de contato. A equação é descrita a seguir:

$$t / q_t = (K_2 \times q_{\text{máx. calc.}}) - 1 + (q_{\text{máx. calc.}}) - 1 \times t \quad (2)$$

Onde  $K_2$  é a constante de taxa de adsorção ( $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ),  $q_e$  é a concentração de íons adsorvidos no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ ), e  $q_t$  é a concentração de íons na superfície do adsorvente em um tempo ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) (PUC-RIO, s/d).

## 7.7 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

As isotermas de adsorção são representadas por meio de gráficos, onde elas correspondem às curvas, estas que indicam: o modo como o adsorvente adsorverá o soluto; o grau de purificação obtido após o processo; e uma aferição da quantidade máxima de soluto adsorvido, com isso, possibilitando uma averiguação da viabilidade econômica do adsorvente (SHONS, s/d).

Quanto às equações, vários estudiosos desenvolveram formas de calcular tal curva, entre eles estão Langmuir (Equação 3) e Freundlich (Equação 4).

$$Q_e = \frac{Q_m K_L C_e}{1 + Q_m K_L C_e} \quad (3)$$

$$Q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (4)$$

Sendo que  $Q_e$  representa a quantidade máxima de soluto retida no adsorvente no equilíbrio,  $C_e$  é a concentração no equilíbrio,  $K_L$  e  $K_F$  são as constantes de Langmuir e Freundlich, respectivamente, e  $Q_m$  é a constante que diz respeito a energia de adsorção.

A teoria de Langmuir refere-se a uma superfície uniforme, simples, não porosa, infinita. Baseando-se na hipótese de movimento das moléculas adsorvidas

pela superfície do adsorvente, hipótese na qual afirma-se que conforme a quantidade adsorvida aumenta, é formada uma monocamada que recobre toda a superfície. Já Freundlich admite adsorção em multicamadas.

## **8 METODOLOGIA**

### **8.1 Adsorvato**

O adsorvato utilizado será produzido em laboratório, simulando um efluente têxtil real, com concentração do corante a 50 mg.L<sup>-1</sup>.

#### **8.1.1 Adsorvente**

Para obter as fibras de coco será retirado o exocarpo, endocarpo e a polpa, resultando na utilização do mesocarpo fibroso. Este será colocado na estufa por 24 horas a 50 °C, com intuito de retirar toda água, a fim de se obter a fibra. Em seguida será triturado no liquidificador para produção do filtro.

Já para obter as fibras de melancia será retirado o pericarpo e o endocarpo, afim de utilizar o mesocarpo (parte branca), que será colocado na estufa entre 24 e 48 horas a 50 °C, com o mesmo intuito do coco. Em seguida será triturado no liquidificador. Posteriormente será utilizado peneiras de diferentes diâmetros para medição de espessura.

### **8.2 Determinação de Grupos Funcionais de Superfície**

Os grupos funcionais da superfície dos frutos de coco e melancia serão identificados através dos espectros de absorção na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). A espectrometria de infravermelho baseia-se na propriedade que determinada molécula tem de absorver radiações eletromagnéticas na região do infravermelho. Para que uma molécula apresente absorção no infravermelho, suas vibrações moleculares devem resultar em hidrocarbonetos

policíclicos aromáticos (HPAs), os quais se caracterizam por ser compostos altamente lipossolúveis e muito difíceis de serem metabolizados. Sendo assim, este corante é considerado um representante das substâncias xenobióticas e tem sido empregado em uma grande quantidade de estudos para avaliar a capacidade de biodegração (OSMA; TOCA-HERRERA; RODRÍGUEZ-COUTO, 2010). O espectrofotômetro de infravermelho não está disponível no IFSC câmpus Jaraguá do Sul - Centro, porém há um equipamento no campus Geraldo Werninghaus, também em Jaraguá do Sul, tornando possível sua utilização.

### 8.3 Determinação do ponto de carga zero (PZC)

Para determinação do ponto de carga zero das aparas será utilizado uma solução de NaCl 0,01 mol.L<sup>-1</sup>.variando-se o pH de 1 a 12, utilizando HCl e ou NaOH 0,01 mol.L<sup>-1</sup>. Serão adicionados 10 mL de NaCl 0,01 mol.L<sup>-1</sup> em tubos de ensaios com diferentes valores de pH e posteriormente serão adicionados 30 mg da melancia e do coco em cada um dos tubos, e os mesmos serão mantidos sob agitação de 150 rpm durante 24 horas a uma temperatura de 30 °C. Após esse período, o valor do pH será medido novamente. Para determinar o ponto de carga zero (quando o ΔpH dessa solução é igual a zero), será construído um gráfico a partir do valor obtido com a Equação 5 versus o valor do pH inicial (AWUAL et al., 2014).

$$\Delta pH = (pH_{final} - pH_{inicial}) \quad (5)$$

### 8.4 Testes preliminares de adsorção

Será realizado um planejamento fatorial para avaliar a influência das variáveis: pH, 2,0; 6,0 e 10,0, massa (g), 2 g; 4 g e 6 g sobre o processo adsortivo, a fim de determinar as melhores condições de trabalho. Os ensaios serão realizados em ordem aleatória. A resposta utilizada para determinar a eficiência do processo será a eficiência de remoção de corante usando a Equação (6).

$$\% \text{ Remoção} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (6)$$

Onde % Remoção de remoção de corante,  $C_0$  é a concentração inicial do composto ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $C_t$  é a concentração no tempo  $t$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ). Para a análise estatística será utilizado o programa Statistica 10.0, aplicando a análise de variância (ANOVA) e a metodologia de superfície de resposta, obtendo assim a eficiência de remoção do corante uma equação de segundo grau (Equação 7). Este método é uma técnica de regressão múltipla para ajustamento de um modelo matemático de um conjunto de dados experimentais (BAŞ; BOYACI, 2007).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \varepsilon \quad (7)$$

Onde  $\beta_0$  é o coeficiente de intercessão,  $\beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  são coeficientes linear,  $\beta_{12}, \beta_{13}$  e  $\beta_{23}$  são coeficientes da interação,  $\beta_{11}, \beta_{22}$  e  $\beta_{33}$  são coeficientes quadráticos e  $X_1, X_2$  e  $X_3$  são as variáveis independentes usadas, respectivamente.

Para realização dos ensaios serão utilizados frascos Erlenmeyer de 250 mL, contendo 100 mL da solução do corante na concentração de  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  utilizando-se NaOH ( $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) e HCl ( $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) para ajuste do pH. Os ensaios serão realizados em temperatura ambiente do laboratório ( $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), com auxílio da mesa agitadora.

### 8.5 Cinética de adsorção

Os estudos de cinética de adsorção são de suma importância para determinar a eficácia da adsorção, além de estudar a variedade de mecanismo para o processo de adsorção. As informações cinéticas também permitem avaliar a natureza das etapas determinantes da velocidade, que está relacionada com interações adsorvente/adsorvato podendo caracterizar-se pela energia de ativação do processo e pelo efeito da temperatura sobre a velocidade (PUC-RIO, s/d).

Os Erlenmeyers contendo 100 mL de solução de corante serão colocados em uma mesa agitadora por um período de 24 horas, sendo que cada frasco será retirado da mesa agitadora em intervalos de tempo pré-determinados e a amostra filtrada em papel de filtro quantitativo. A concentração de cada amostra será determinada por meio da leitura da absorbância em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 590 nm. Assim, determinará o tempo necessário para se atingir o equilíbrio entre a solução de corante e os filtros de coco e melancia. A quantidade de adsorbato adsorvido no tempo t,  $q_t$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) será calculado utilizando a Equação (8).

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) * V}{m} \quad (8)$$

Onde  $q_t$  é a concentração do adsorbato no tempo t adsorvida no adsorvente ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) na condição de equilíbrio,  $C_0$  é a concentração inicial do composto ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $C_t$  é a concentração no tempo t na solução ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), m é a massa do adsorvente (g) e V é o volume da solução (L). Por fim, os dados cinéticos serão analisados utilizando os modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem.

### 8.6 Isotermas de adsorção

Para a determinação das isotermas serão realizados experimentos para o tempo de contato determinado no estudo cinético, com concentrações de 25 à 150  $\text{mg.L}^{-1}$ . Após o equilíbrio, a mistura será imediatamente filtrada com bomba de vácuo. A concentração final de corante de cada amostra será determinada por meio da leitura da absorbância em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 590 nm. A quantidade de corante adsorvida pelo adsorvente no equilíbrio ( $Q_e$ ) será calculada utilizando-se a Equação 8. O equilíbrio de adsorção será avaliado usando os modelos de isotermas de Langmuir e Freundlich.

## 9 CRONOGRAMA

Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Atividade/Período
X	X	X	X		Aprofundamento bibliográfico
X					Obtenção da casca da melancia e do coco verde
X					Secagem das fibras
X	X				Produção do filtro
	X	X	X		Caracterização dos materiais
X					Determinação do ponto de carga zero
	X				Infravermelho
	X	X			Testes
	X	X	X		Redação e projeto final
			X		Apresentação do projeto

## 10 REFERÊNCIAS

ALMADA, Rafael Barreto. **PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS ACOPLADOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL PARA FINS DE REÚSO**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://portal.peq.coppe.ufrj.br/index.php/producao-academica/dissertacoes-de-mestrado/2008-1/213-processos-fisico-quimicos-acoplados-para-tratamento-de-efluente-industrial-para-fins-de-reuso/file>>. Acesso em: 8 maio 2017.

ALMEIDA, Edna et al. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio.. **Química Nova**, Campinas, v. 27, n. 5, p.818-824, jul. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n5/a23v27n5.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

Agency For Toxic Substances And Disease Registry. **Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons**. 1995. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.

BAŞ, D.; BOYACI, İ.H. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. **J Food Eng**, v. 78, p. 836–845, 2007.

BUMPUS, J. A. Microbial degradation of azo dyes. In Singh, V.P. (Ed.)- Biotransformations: Microbial degradation of health-risk compounds, Elsevier Science, Amsterdam, p.157-175, 1995.

CARVALHO, Marilda Nascimento. **Processo de remoção de compostos BTEX e Fenol por adsorção multicomponente em argilas organicamente modificadas**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/11882/TESE\\_Marilda%20Nascimento%20Carvalho\\_BC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/11882/TESE_Marilda%20Nascimento%20Carvalho_BC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 06 maio 2017.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA. **Corantes e pigmentos**. 2011. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/quimicaviva\\_corantespigmentos](http://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos)>. Acesso em 07 abr. 2017.

CORRADINI, Elisângela et al. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.837-846, set. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v31n3/a30v31n3.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

COSTA, Nivaldo Duarte; LEITE, Wëydjane de Moura. **O cultivo da melancia**. [20--]. Disponível em: <[http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/O cultivo da Melancia.pdf](http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/O%20cultivo%20da%20Melancia.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2017.

DALTIN, Décio. **Estudo dos parâmetros físico-químicos da estamperia têxtil com corantes reativos visando a substituição dos espessantes nas formulações de tintas**. Dissertação de mestrado, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 140, 1997.

DIAS, Maria Clarice. Comida jogada fora. **Correio Braziliense**. Brasília, p. 1-7. ago. 2003. Disponível em: <<http://www.consciencia.net/2003/09/06/comida.html>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

FERNANDES, António Carlos Pinheiro et al. **Adsorção de efluentes têxteis: Tratamento de efluentes da indústria têxtil por adsorção em materiais de baixo custo**. Relatório de projeto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. Disponível em: <[https://web.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2010\\_11/files/AMB101\\_relatorio.pdf](https://web.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/AMB101_relatorio.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2017.

FURLAN, Franciele Regina. **Avaliação da eficiência do processo de coagulação-floculação e adsorção no tratamento de efluentes têxteis**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91020/252704.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

GUARATINI, Cláudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B. **Corantes têxteis**. Química nova, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000. Disponível em:  
<[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol23No1\\_71\\_v23\\_n1\\_%2812%29.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol23No1_71_v23_n1_%2812%29.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2017.

GUELFY, Luciano R.; SCHEER, Agnes P.. **Estudo de Adsorção Para Purificação e Separação de Misturas na Indústria Petrolífera**. 2007. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em:  
<[http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH24/Luciano-Guelfi\\_PRH24\\_UFPR\\_G.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH24/Luciano-Guelfi_PRH24_UFPR_G.pdf)>. Acesso em: 18 maio 2017.

GUIMARÃES, Renata Rangel; FREITAS, Maria Cristina Jesus de; SILVA, Vera Lucia Mathias da. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 30, p.354-363, abr.-jun. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n2/11.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

GONÇALVES, O.; HESPANHOL, I.; Conservação e reúso de Água: Manual de orientação para o setor industrial. São Paulo: CIRRA/MMA/ANA/FIESP, 2004. HAMODA, M. F.; “Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries”, *Desalination*, 165, pp. 31-41, 2004.

KUNZ, Airton et al. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química nova, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n1/10428.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira et al. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, Viçosa, v. 17, n. 6, p.473-480, nov. 2009. Disponível em:  
<<http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/REVENG/v17n06/v17n06a06.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2017.

OSMA, Johann F.; TOCA-HERRERA, José L.; RODRÍGUEZ-COUTO, Susana. **Uses of Laccases in the Food Industry**. *Enzyme Research*, 2010. Disponível em:  
<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2963825/>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

PERUZZO, Lucile Cecília. **Influência de agentes auxiliares na adsorção de corantes e efluentes da indústria têxtil em colunas de leito fixo**. 2003. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Disponível em: <<http://abqct.com.br/artigos/artigoesp21.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

PORTELA, Julianne Viana Freire. **Estudo dos aspectos tecnológicos e de qualidade envolvidos no aproveitamento da casca e da polpa da melancia (*Citrullus lanatus* Schrad).** 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/4008/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

PUC-RIO. **Adsorção.** s/d. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14605/14605\\_5.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14605/14605_5.PDF)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

RAINERT, Karine Thaise et al. **Adsorção do corante reactiveblue 19 por bainha do palmito pupunha in natura.** INOVAR PARA CRESCER, 4., 2016, Blumenau, SC.... [S.l.:s.n.], 2016. 3 p. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/uzvfep8t5jhfvpy/425-1522-1-CE.pdf?dl=0>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

REIS, Danielle Cristina Neves da Silveira Pessôa. **Importância do estudo da área superficial específica e porosidade do estearato de magnésio para o setor farmacêutico.** 2013. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologias Industriais Farmacêuticas, Instituto de Tecnologia em Fármacos - Farmanguinhos, Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/7720/2/25.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

ROSA, Morsyleide de Freitas et al. **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 6 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 54). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/5862/1/Ct-054.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

SALLES, Paulo de Tarso Ferreira; PELEGRINI, Núbia Natália Brito; PELEGRINI, Ronaldo Teixeira. Tratamento eletroquímico de efluente industrial contendo corantes reativos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 2, p.25-40, jul.-dez. 2006. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=130&article=51&mode=pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

SANTOS, Danilo Fernandes dos. **Tratamento de efluente têxtil utilizando a técnica de adsorção em casca de café.** 2013. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3403/1/AP\\_COPEQ\\_2012\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3403/1/AP_COPEQ_2012_2_01.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2017.

SCHNEIDER, Eduardo Luiz. **Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado**. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008. Disponível em: <[http://tede.unioeste.br/tede/tde\\_arquivos/7/TDE-2008-06-27T195317Z-247/Publico/Eduardo%20Luiz%20Schneider.pdf](http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/7/TDE-2008-06-27T195317Z-247/Publico/Eduardo%20Luiz%20Schneider.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2017.

SCHONS, Elenice. Fenômenos interfaciais. s/d. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <[https://cetm\\_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/fen\\_int\\_5.pdf](https://cetm_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/fen_int_5.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2017.

SILVA, N. A.; FERREIRA, D. C.; LIMA, A. F. Absorção de metais tóxicos pelas fibras de cocos nucifera L. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2778. 2013.

SLOKAR, Y. M.; MAJCENTE MARECHAL, A. Methods of decoloration of textile wastewaters, Dyes and Pigments, v.37, n°4, p.335-356, 1998.

SOUZA, Claudio Roberto Lima de. **Degradação de corantes reativos e remediação de efluentes têxteis por processo avançado envolvendo ferro metálico**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/cpgquim/pgq/dissert/M04202.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

TRIVEDI, Kunal N. et al. **Adsorption of Remazol Brilliant Blue R dye from water by polyaluminium chloride**. 2. ed. [S.l.]: Rasayan J. Chem., 2009. 380 p. v. 2. Disponível em: <<http://rasayanjournal.co.in/vol-2/issue-2/24.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

ZAGO, Jaqueline Francischetti. **Influência das características físico-químicas de carvões ativados na adsorção de saxitoxinas**. 2010. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2010. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9997/1/2010\\_JaquelineFrancischettiZago.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9997/1/2010_JaquelineFrancischettiZago.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2017.

ZANONI, Maria Valnice B.; CARNEIRO, P.A., O descarte dos corantes têxteis. Ciência Hoje, v. 29, n. 174, p. 61-64, 2001.

ZEFERINO, Livia Fiorotto; FREITAS, Patricia Antonio de Menezes. **Estudo cinético da adsorção do corante indigo (2,2 - BIS - 2,3 - DIIDRO - 3 - OXOINDOLILIDENO) blue em fibras de casca de coco verde (Cocos nucifera L)**. [200--]. Publicado por Instituto Mauá de Tecnologia. Disponível em: <<http://maua.br/files/122014/estudo-cinetico-da-adsorcao-do-corante.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2017.