



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

AMANDA MACIEL COSTA  
ANDREYNA FERREIRA GAMBA  
BIANCA CELESTINO  
GIOVANNA PISETTA  
JOÃO VITOR MEZOMO  
MARIA EDUARDA BONATTI  
PÂMELA ADRIELLE MEYER

**MATERIAIS ADSORVENTES PRODUZIDOS A PARTIR DO RESÍDUO DA  
ERVA-MATE PARA A ADSORÇÃO DE EFLUENTES TÊXTEIS**

Projeto de Pesquisa  
Conectando Saberes  
Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado): 5ª Fase

JARAGUÁ DO SUL

2017

AMANDA MACIEL COSTA  
ANDREYNA FERREIRA GAMBA  
BIANCA CELESTINO  
GIOVANNA PISETTA  
JOÃO VITOR MEZOMO  
MARIA EDUARDA BONATTI  
PÂMELA ADRIELLE MEYER

**MATERIAIS ADSORVENTES PRODUZIDOS A PARTIR DO RESÍDUO DA  
ERVA-MATE PARA A ADSORÇÃO DE EFLUENTES TÊXTEIS**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo  
formativo diversificado “Conectando  
Saberes” do Curso Técnico em Química  
(Modalidade Integrado) do Instituto Federal  
Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.  
Orientador: Prof. Elder Correa Leopoldino.

JARAGUÁ DO SUL  
2017

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA</b>	<b>4</b>
<b>2 DELIMITAÇÃO DO TEMA</b>	<b>4</b>
<b>3 PROBLEMA</b>	<b>4</b>
<b>4 HIPÓTESES</b>	<b>4</b>
<b>5 OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>5.1 OBJETIVO GERAL</b>	<b>4</b>
<b>5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>4</b>
<b>6 JUSTIFICATIVA</b>	<b>5</b>
<b>7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>6</b>
<b>7.1 ADSORÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>7.1.1 Fatores que influenciam a adsorção</b>	<b>7</b>
<b>7.2 MATERIAIS ADSORVENTES</b>	<b>8</b>
<b>7.2.1 Carvão vegetal</b>	<b>8</b>
<b>7.2.2 Celulose</b>	<b>9</b>
<b>7.3 RESÍDUO VEGETAL</b>	<b>10</b>
<b>7.4 CORANTES TÊXTEIS</b>	<b>12</b>
<b>7.5 MÉTODOS PARA ANÁLISE</b>	<b>13</b>
<b>7.5.1 Isotermas de adsorção</b>	<b>13</b>
<b>7.5.2 Espectrofotometria de UV-Vis</b>	<b>15</b>
<b>7.5.3 Espectroscopia na região do Infravermelho</b>	<b>16</b>
<b>8 METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
<b>8.2 PRODUÇÃO DOS MATERIAIS ADSORVENTES</b>	<b>17</b>
<b>8.4 TESTES DE ADSORÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>8.5 TRATAMENTO DE DADOS</b>	<b>20</b>
<b>8.5.1 Isotermas de adsorção</b>	<b>20</b>
<b>9 CRONOGRAMA</b>	<b>21</b>
<b>10 REFERÊNCIAS</b>	<b>22</b>

## **1 TEMA**

Materiais adsorventes produzidos a partir do resíduo da erva-mate para a adsorção de efluentes têxteis.

## **2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Produção de materiais adsorventes, celulose e carvão, a partir do resíduo de erva-mate, para posterior comparação da adsorção de corantes têxteis.

## **3 PROBLEMA**

O consumo de bebidas a base de erva-mate se faz presente em diversos âmbitos, acarretando em grandes quantidades de resíduo vegetal gerado, principalmente nas indústrias. De acordo com a literatura, esse resíduo pode ser usado para produção de materiais adsorventes. Dessa maneira, qual dos materiais adsorventes produzidos a partir do resíduo da erva-mate será mais eficiente para a adsorção de corantes têxteis?

## **4 HIPÓTESES**

- Será possível produzir carvão vegetal através do resíduo de erva-mate;
- Será possível isolar a celulose presente na erva-mate;
- Os materiais adsorventes produzidos, carvão vegetal e celulose, serão capazes de adsorver corantes têxteis;
- O carvão vegetal terá maior capacidade adsorptiva do que a celulose extraída.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GERAL**

Comparar a capacidade dos materiais adsorventes, celulose e carvão vegetal, obtidos a partir do resíduo da erva-mate na adsorção de corantes têxteis.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Produzir o carvão vegetal a partir do resíduo de erva-mate;
- Isolar a celulose a partir do resíduo de erva-mate;
- Quantificar o rendimento do carvão e da celulose;
- Caracterizar os materiais adsorventes, carvão e celulose, utilizando espectroscopia na região do infravermelho;

- Verificar a adsorção do corante pelos materiais adsorventes utilizando espectrofotometria na região do ultravioleta-visível;
- Construir isotermas de adsorção a partir dos dados obtidos experimentalmente;
- Comparar a capacidade adsortiva de corantes têxteis entre os materiais adsorventes obtidos, carvão vegetal e celulose;
- Relacionar a eficiência de adsorção, do carvão e celulose, com a eficiência de outros materiais adsorventes dispostos em literatura.

## 6 JUSTIFICATIVA

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma matéria-prima que apresenta alta escala de produção em diferentes regiões do Brasil, com destaque para a região Sul, sendo muito consumida em diferentes âmbitos, na forma de chá ou chimarrão, por exemplo. Após a utilização dessa planta ela é descartada, pois não são destinadas muitas aplicações e utilidades para esse rejeito. A maior geradora de resíduos, é a região sul do Brasil, que compreende 97% da produção nacional da erva-mate (PASINATO, 2003).

Sabendo disto é necessária a procura de alternativas para um reaproveitamento dessa matéria-prima, como, sua aplicação como materiais adsorventes. Segundo Alfaya (s/d), a utilização de resíduos agrícolas, como o resíduo de erva-mate, é interessante para produção de materiais adsorventes, por serem materiais baratos, facilmente encontrados na sociedade e possíveis de obter em grandes quantidades. Desse modo, dois materiais são amplamente aplicados como adsorventes: o carvão vegetal e a celulose (MOREIRA, 2010).

O carvão vegetal é amplamente utilizado, como por exemplo para adsorção. É produzido, normalmente, a partir de madeira, sendo que no Brasil 78% do carvão produzido é feito de madeira nativa, o que resulta em um enorme prejuízo ambiental, pois, diversas vezes é preciso retirar a cobertura vegetal de importantes áreas florestais contidas no território (OLIVEIRA, et al., 2014).

Já a celulose, por ser produzida pela fotossíntese das plantas, vem sendo muito estudada e explorada, haja visto que é uma matéria prima em muita abundância compreendendo cerca de  $1,5 \times 10^{12}$  toneladas da produção total de biomassa por ano (SILVA et al., 2013, XIE; ZHAO; HE, 2011 apud LIMA, 2016; LONGHINOTTI, 1996).

Sabendo que a celulose e o carvão vegetal são potenciais adsorventes, busca-se a produção desses materiais para adsorção de corantes têxteis. A pesquisa justifica-se como uma alternativa para diminuição de problemáticas ambientais.

Além disso, a quantidade de pesquisas sobre a aplicação do carvão vegetal para adsorção são diminutas, pois, os estudos são mais direcionados para produção de carvão ativado, desse modo esse é um fator que contribui para a importância da realização da presente pesquisa.

Ainda, a remoção de corantes em efluentes têxteis é de extrema importância, pois, estes geralmente interferem na transmissão de luz solar reduzindo a ação fotossintética. Além disso, se apresentarem alta carga orgânica, podem causar eutrofização de rios, lagos e mares.

## 7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há uma enorme problemática na atualidade quanto ao tratamento de efluentes, já que grande parte das técnicas não mostram-se completamente eficazes, não removendo na totalidade os poluentes presentes. Logo, surge a necessidade de mais estudos em tal âmbito, sendo a adsorção uma opção viável (FURUKAWA, 2009; SOUZA, 2009 apud COLARES E SANDRI, 2013).

### 7.1 ADSORÇÃO

Os fenômenos de absorção e adsorção são bem diferentes, apesar de em muitos casos serem confundidos (Figura 1). Segundo Michaelis (s/d), absorção é o ato de impregnar-se de um líquido, gás etc., por ação capilar, osmótica, química ou solvente, como por exemplo, a esponja que absorve água. No processo de absorção, a substância absorvida faz parte do volume do material que a absorveu.



**Figura 1.** Ilustração do fenômeno de absorção e adsorção

Fonte: adaptado de *ChemistryTwig*, 2013

Já adsorção é um processo de acumulação, retenção de gases ou partículas na superfície de corpos, sólidos ou líquidos, com os quais entram em contato, por interação

física ou química (MICHAELIS, s/d). Nesse caso a substância adsorvida fica apenas retida, sem fazer parte do adsorvente. Vale ressaltar que a substância na qual ocorre a adsorção é o adsorvente, e a substância adsorvida é chamada de adsorbato.

Há duas formas de adsorção, a física e a química. A física, chamada de fisissorção, é quando as moléculas do adsorbato encontram-se fracamente ligadas ao adsorvente, podendo resultar em camadas moleculares sobrepostas. Já na adsorção química, quimissorção, há a transferência de elétrons, os quais equivalem as ligações químicas entre as substâncias, formando assim uma única camada molecular adsorvida (SCHONS, s/d).

### **7.1.1 Fatores que influenciam a adsorção**

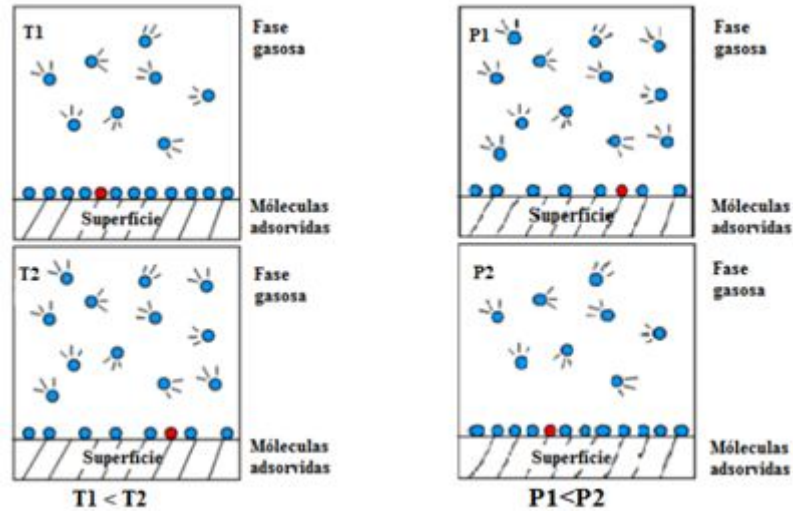
Diversos fatores influenciam no fenômeno de adsorção, como por exemplo a concentração, temperatura, pH, polaridade e velocidade de agitação. Porém, o que determina a acessibilidade das moléculas de adsorbato para a superfície do adsorvente é a área superficial, o tamanho e a distribuição dos poros dos materiais adsorventes. Sendo a área superficial responsável por indicar a atingibilidade dos reagentes aos sítios ativos<sup>1</sup>, assim, quanto maior a área superficial, mais satisfatória será a adsorção (ADSORÇÃO, s/d).

Quando a concentração da solução é baixa, a adsorção ocorre mais rapidamente, uma vez que maior concentração do adsorbato causa uma maior disputa para que o adsorvente interaja com o adsorbato. Vale lembrar que a adsorção ocorre, primeiramente, nos sítios disponíveis, fazendo com que as moléculas tenham que se reorganizar para então serem adsorvidas em altas concentrações (ADSORÇÃO, s/d).

A variação da temperatura e pressão interferem no tempo de adsorção, como pode-se verificar na Figura 2. Conforme a temperatura aumenta, as moléculas ficam mais agitadas, conseqüentemente diminuindo a interação com o adsorvente, dessa forma, elas preferem ficar na fase gasosa. Em relação a pressão como fator de influência na adsorção, tem-se que, quanto maior a pressão, mais moléculas irão ficar na superfície adsortiva do que na fase gasosa, uma vez que a pressão acaba diminuindo a liberdade de movimento, podendo fazê-las mudar de estado físico (ADSORÇÃO, s/d).

---

<sup>1</sup> Local onde ocorre a adsorção (Alonso - Falleiros, p.6, s/d)



**Figura 2.** Temperatura e pressão como fatores de influência da adsorção.

Fonte: Adaptado de Adsorção, s/d.

Segundo Mall et al. (2006) apud Marin (2015), o pH altera a adsorção pois dissocia grupos funcionais presentes nos sítios ativos do adsorvente, perante isso, é de suma importância conhecer a estrutura química do adsorvente. Sobre a influência da polaridade das substâncias, os adsorventes polares terão mais afinidade com substâncias polares e os adsorventes apolares terão mais afinidade com substâncias apolares (CARDOSO, s/d).

Outra alternativa para aumentar a adsorção é aumentar a velocidade de agitação da solução, pois assim o adsorvente e o adsorbato adquirem movimentação no meio, facilitando o acesso aos sítios ativos (SILVA, 2005).

## 7.2 MATERIAIS ADSORVENTES

Diversos materiais apresentam capacidade adsorvente, dentre eles tem-se o carvão vegetal e a celulose, os quais serão empregados no atual projeto de pesquisa.

### 7.2.1 Carvão vegetal

Apresentando altos níveis de carbono em sua composição, o carvão é classificado quanto a forma de obtenção, porosidade e área superficial. Os tipos mais comuns são: carvão mineral, ativado e vegetal (MIMURA; SALES; PINHEIRO, 2010).

O carvão mineral é extraído de jazidas, por meio da mineração, e tem sua principal aplicação na geração de energia. Já o carvão ativado é obtido por meio da pirólise (em atmosfera inerte) de materiais vegetais, como a casca de arroz, sendo que este processo é

seguido por tratamento térmico ou químico, para desobstruir os poros gerados durante a queima. Esse material, após sua produção, é amplamente utilizado para adsorção.

O último carvão citado, o vegetal (Figura 3), é obtido por meio da carbonização da matéria vegetal em temperaturas elevadas, sem a utilização de atmosfera inerte. Nesse processo, uma parte da matéria vegetal resulta no carvão vegetal, um material escuro, enquanto o restante torna-se diferentes substâncias gasosas (MIMURA; SALES; PINHEIRO, 2010). Após sua produção, pode ser utilizado como combustível para lareiras, churrasqueiras e em algumas áreas da indústria, por exemplo a siderúrgica.

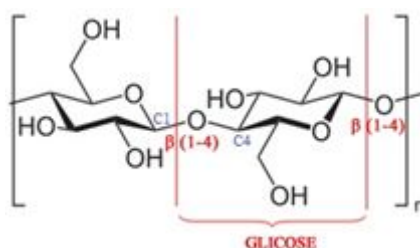


**Figura 3.** Carvão vegetal em pó  
Fonte: Gran Velada, s/d

Em decorrência de sua área superficial e composição química, também pode ser utilizado como material adsorvente, já que é capaz de reter em sua superfície certas substâncias, que fazem-se presentes no meio em que ele se encontra. À vista disso, tem-se como um costume popular o ato de deixar um pedaço de carvão na geladeira, para que este retenha as substância voláteis que causam um cheiro desagradável no interior do equipamento (MIMURA; SALES; PINHEIRO, 2010).

### 7.2.2 Celulose

Polissacarídeo de fórmula estrutural ( $C_6H_{10}O_5$ ), a celulose (Figura 4) é um polímero constituído de monômeros de glicose - produto da fotossíntese das plantas. É formada pela união de  $\beta$ -glicose por ligações  $\beta$ -1,4 glicosídicas (MARQUES, 2017).



**Figura 4.** Representação da estrutura molecular da celulose indicando a união de  $\beta$ -glicose.  
Fonte: Adaptado de Fogaça ([20--]).

A combinação da hidroxila de um carbono anomérico (que está circulado) de um dos monossacarídeos (carbono ligado ao oxigênio e a uma hidroxila) com uma hidroxila do outro, que se unem formando um dissacarídeo e água (OLIVEIRA, [20--]). A partir deste processo são formados os polissacarídeos, que se agregam por meio de ligações de hidrogênio, responsáveis por sua estrutura linear (SANTOS, [20--]). Em razão desta estrutura linear, a celulose é um carboidrato insolúvel, fibroso e resistente à várias reações químicas. Além disso, não é digerido pelo ser humano, embora faça parte da dieta de animais ruminantes, cupins, traças, entre outros (SANTOS, [20--]).

É um dos principais componentes das paredes celulares das plantas, e, por apresentarem característica fibrosa, conferem rigidez a estas. Apesar de sua composição similar à do amido, a celulose não funciona como reserva energética para as plantas (SANTOS, [20--]).

Sua importância econômica se dá, principalmente, na fabricação de papel através da madeira, sendo a do eucalipto mais comumente utilizada. Também é aplicado como emulsificador, agente dispersante, agente gelificante, entre outras aplicações (DONINI et al., 2010). Além disso, por ser um polissacarídeo abundante na natureza, de fácil obtenção e renovável, a celulose se mostra promissora como adsorvente em tratamentos de efluentes têxteis (SILVA et al., 2013).

### **7.3 RESÍDUO VEGETAL**

Tudo aquilo que não é utilizado nas atividades humanas, proveniente de comércios, indústrias e residências, é denominado resíduo. Esses podem ser classificados de acordo com seu estado físico: resíduo sólido (papelão, papel, vidro, etc.), líquido (mercúrio, chorume, etc) e gasoso (dióxido de carbono, metano, entre outros), e quanto a sua origem: viva (resíduos orgânicos) e não viva (resíduos inorgânicos). Como exemplo de resíduos orgânicos temos restos de plantas e de resíduos inorgânicos derivados de plástico (LANGANKE, s/d).

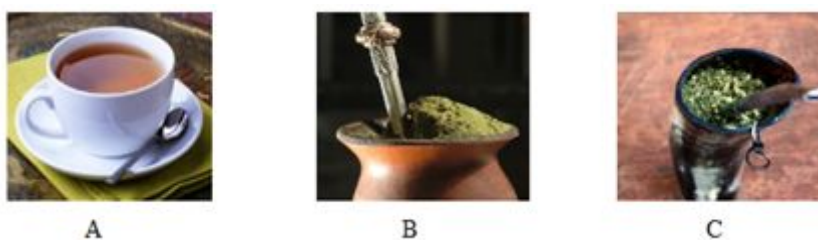
Os resíduos são classificados também de acordo com sua periculosidade em três classes. Os de classe I são considerados perigosos, pois oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, já que necessitam de tratamento e descarte ideal por conta de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade; os de classe II são considerados resíduos não-inertes, não apresentam perigo mas tem propriedades de combustibilidade e

biodegradabilidade; já os de classe III são resíduos inertes, não apresentam perigo nem as características dos resíduos de classe II, normalmente são recicláveis (LANGANKE, s/d).

Os resíduos vegetais são resíduos orgânicos, ou seja, são partes de alimentos ou produtos de origem vegetal descartados, pois não são utilizados para o consumo ou para a produção de algo. A borra da erva-mate, assim como a de café, é considerada um resíduo orgânico doméstico, e se encaixa como resíduo de classe II (LANGANKE, s/d).

### 7.2.1 Erva-mate

De nome científico *Ilex paraguariensis*, a erva-mate é uma planta nativa da América do Sul. A infusão das suas folhas é utilizada para produzir bebidas alimentícias e estimulantes como o chá-mate (Figura 5A), chimarrão (Figura 5B) e tererê (Figura 5C) (SANTOS, 2011). Estas bebidas têm como principal diferença a infusão, no chimarrão e no chá mate ela é feita com água quente e no tererê com água fria (DIAS, 2016).



**Figura 5.** Ilustração das bebidas chá-mate (A), chimarrão (B) e tererê (C)  
Fonte: Chás Brasil, 2016; Tudo gostoso, s/d; Hurn, 2014

Além disso, a erva-mate dá origem a diversos outros produtos como: balas, caramelos, sorvetes, refrigerantes, cosméticos, produtos de higiene, medicamentos, corantes, detergentes, entre outros (BORILLE, 2004).

A planta, descoberta pelos índios habitantes da América do Sul, foi difundida para outras culturas através dos missionários jesuítas do século XVI. Pois estes, ao observar os benefícios da erva-mate aos índios da região, criaram o hábito de consumi-la (BORILLE, 2004). Devido a isso, atualmente a erva-mate é altamente consumida, gerando uma quantidade grande de resíduos.

Na América do Sul, a cultura da erva-mate foi e ainda é muito importante, principalmente para os estados do Sul do Brasil, Argentina, Chile e Paraguai. Em meados do

século XIX, no Paraná, a erva-mate foi responsável por um dos mais longos e produtivos ciclos econômicos do estado do sul brasileiro (FREITAS et al., 2011).

Além da importância econômica e cultural, a erva-mate é constituída por diversos compostos que são responsáveis pelos efeitos benéficos ao organismo humano, como por exemplo as vitaminas A, B, C e minerais como fósforo, cálcio e ferro (RAMOS, 2013). Contudo, a planta é composta por outras substâncias, como celulose, compostos fenólicos, taninos, cafeína, clorofila, óleos essenciais, entre outras substâncias. Sendo a presença de cafeína responsável pelas propriedades estimulantes da erva-mate (CROCE, 2002).

A Argentina é o maior produtor de erva-mate do mundo, no segunda lugar fica o Brasil, sendo o estado do Paraná o principal produtor. Anualmente, a indústria brasileira produz 270 mil toneladas de erva-mate (PASINATO, 2003).

No processo de industrialização da erva-mate uma grande quantidade de resíduo é gerada, atualmente sua principal utilização é como fonte de energia (queima) e como adubo orgânico (GONÇALVES et al., 2007). Já os resíduos do consumo de erva-mate (borra), seja na forma de chimarrão, tererê ou chá mate, são descartados e não possuem nenhuma finalidade especial (ALFAYA et al., s/d).

#### **7.4 CORANTES TÊXTEIS**

Os corantes são substâncias utilizadas pelo homem desde os primórdios. A princípio eles eram naturais - de origem animal, vegetal e mineral -, mas com o passar do tempo, surgiram os corantes sintéticos, cuja aplicação ganha destaque nas indústrias de cosméticos, alimentícia e têxtil (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

Na indústria têxtil, os corantes são usados no tingimento de tecidos e fibras e possuem uma grande importância na economia mundial. Atualmente, estima-se que cerca de 2000 tipos de corantes estão disponíveis para a indústria têxtil, com uma grande variedade de características, tendo em vista que diferentes fibras exigem corantes com diferentes propriedades. Além de proporcionar a cor, o corante deve resistir a fatores como lavagem, luz ultravioleta e alto grau de fixação para garantir uma coloração uniforme e sem desgaste mesmo após um grande tempo de uso (GUARATINI; ZANONI, 2000)

Do ponto de vista ambiental, os corantes têxteis são considerados perigosos em razão de sua toxicidade e, devido à sua difícil degradação, causam grande impacto ao meio

ambiente. Da produção total de corantes no mundo estima-se que cerca de 15% é perdida para o meio-ambiente através de efluentes (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Segundo Peixoto, Marinho e Rodrigues (2013):

“O esgoto da indústria têxtil tem sido taxado como o mais poluente entre os setores industriais em termos de volume e composição de efluentes. Em adição ao efeito visual e ao efeito adverso dos corantes em termos de impacto de Demanda Química de Oxigênio (DQO), muitos corantes são tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos”.

Atualmente são empregados tratamentos físico-químicos e biológicos na remoção de corantes dos efluentes têxteis, contudo, os tratamentos físico-químicos têm se mostrado pouco eficientes e geram resíduos que também precisam ser tratados, sendo os tratamentos biológicos os mais indicados (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

As atuais pesquisas em relação a técnicas de remoção de corantes dos efluentes têxteis visam um melhor custo-benefício, uma vez que as técnicas empregadas são normalmente caras e insatisfatórias (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013).

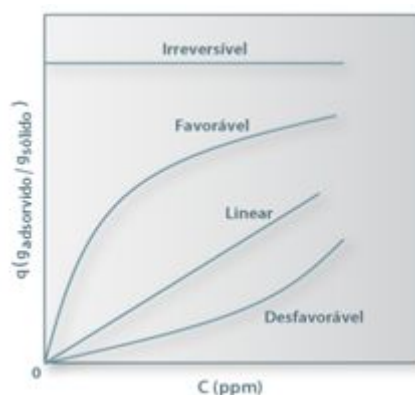
## **7.5 MÉTODOS PARA ANÁLISE**

### **7.5.1 Isotermas de adsorção**

O equilíbrio de adsorção é uma das principais propriedades responsáveis por indicar a capacidade de adsorção de um material, ele é atingido quando o teor de adsorção se torna igual ao teor de dessorção. Quando isso acontece, os materiais adsorventes ficam saturados e não conseguem mais adsorver (NUNES, 2009).

Com o equilíbrio de adsorção definido, é possível construir gráficos que permitem a visualização da curva de concentração do soluto adsorvido em função da concentração de soluto não adsorvido (NUNES, 2009).

Essas curvas são chamadas de isotermas de adsorção (Figura 6). Existem diferentes classificações de isotermas que concedem informações sobre o mecanismo de adsorção, como por exemplo o tipo e o tamanho dos poros, indicam a quantidade máxima adsorvida e apresentam a forma como o adsorvente adsorverá o adsorbato (CUSSLER, 1997 apud NUNES, 2009). Contudo, as isotermas e as equações mais aplicadas em sistemas de adsorção sólido-líquido são a isoterma de Langmuir e isoterma de Freundlich.



**Figura 6.** Isotermas de adsorção indicando a quantidade máxima adsorvida no equilíbrio

Fonte: Portal Laboratórios Virtuais de Processos Químicos, s/d

A isoterma de Langmuir baseia-se em algumas hipóteses, como a adsorção limita-se a uma única camada, a superfície contém um número fixo de sítios de adsorção, há interação somente com o sítio e não entre as moléculas, a energia envolvida é igual para todos os sítios, não depende da vizinhança e por fim, a adsorção é reversível (PUC-RIO, s/d). A Equação 1 representa a equação para o modelo de Langmuir.

$$q = \frac{aKC}{1+aC} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- “q” representa a quantidade de soluto adsorvido ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ );
- “C” representa a concentração em equilíbrio do soluto na fase líquida ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- “a” representa a constante de energia de adsorção envolvida no processo ( $\text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$ );
- “K” constante de Langmuir e está relacionada a adsorção teórica ( $\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

Em outro caso, quando ocorre a formação de multicamadas, é aplicado a isoterma de Freundlich, esta pressupõe que ocorre uma variação na energia dos sítios ativos, assim como a superfície de adsorção não limita a velocidade da reação, isto é, desconsidera a saturação da superfície (HARO et al., 2014). Contudo, ela não se aplica a altas concentrações, assim, como a isoterma de Langmuir (CASTELLAN, 1986). A capacidade de adsorção para Freundlich pode ser expressada a partir da Equação 2.

$$Q = K \cdot C^{1/n} \quad (\text{Equação 2})$$

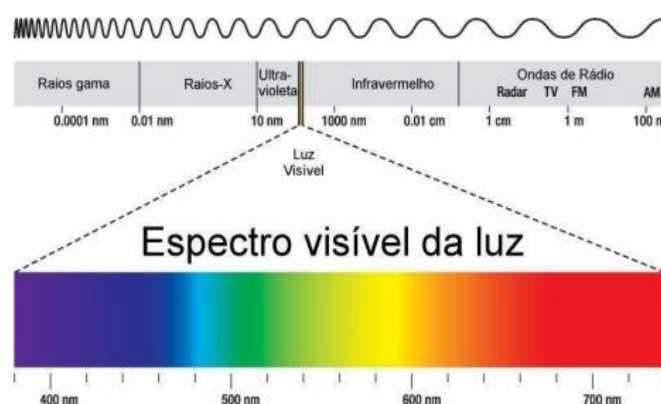
Onde:

- “Q” é a quantidade adsorvida na fase sólida ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ );
- “C” é a concentração de equilíbrio na fase líquida ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- “K” é a constante de Freundlich ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ );
- “n” é um parâmetro empírico de Freundlich.

No entanto, o modelo de adsorção mais utilizado para estudos sobre adsorção e medição de área superficial é o BET (Brunauer, Emmett e Teller). Esse modelo é uma adaptação do mecanismo de adsorção de Langmuir, admitindo a formação de multicamadas, através do pressuposto que uma camada tenha a capacidade de produzir sítios de adsorção para a formação das demais camadas (REIS, 2013).

### 7.5.2 Espectrofotometria de UV-Vis

A espectrofotometria de UV-Vis é uma técnica empregada para identificação de compostos em uma amostra por seu espectro de absorção. Com uma determinada quantidade de energia, as moléculas passam de seu estado fundamental onde um elétron tende a sair de um orbital menos energético para um orbital mais energético ficando em um estado mais excitado. Quando retorna, há liberação de energia luminosa, podendo estar dentro ou fora do espectro visível de acordo com seu comprimento de onda. Sendo assim, a radiação absorvida tem valor igual a diferença entre os estados de energia mais baixo e excitado (PAVIA et al., 2012). Na Figura 7 é apresentado o espectro eletromagnético.



**Figura 7.** Espectro eletromagnético da luz

**Fonte:** (CARVALHO, [20--])

O comprimento de onda é algo específico de cada substância. Além disso, a capacidade e a quantidade de moléculas capazes de absorver luz de um determinado comprimento de onda, influenciam na extensão da absorção, isto é, quanto maior o número de moléculas e quanto maior a capacidade das moléculas de absorver luz, maior a extensão da absorção. Esse conceito é expresso pela equação de Lambert-Beer (Equação 3), a qual estabelece uma relação entre absorvância e a concentração da solução, quando esta é atravessada por um feixe de luz monocromática.

$$A = \epsilon b C \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

- “A” é a absorvância (densidade óptica);
- “ $\epsilon$ ” é a absorvância do adsorbato ( $L \cdot g^{-1} \cdot cm^{-1}$ );
- “b” é o comprimento do caminho da luz (cm);
- “C” é a concentração do adsorbato ( $g \cdot L^{-1}$ ).

Ao colocar-se o carvão e a celulose em uma solução com corante, de concentração conhecida, tem-se conhecimento de que ocorrerá a adsorção do corante pelos materiais adsorventes, logo, a concentração da solução diminuirá. Dessa maneira, conforme feito por Cardoso (2012) e outros autores, a espectroscopia UV- vis será utilizada para a verificação da concentração de corante adsorvida pelos materiais, quantificando a concentração final da solução contendo o material. Os corantes absorvem na região do visível e por isso a utilização dessa técnica se faz possível.

### **7.5.3 Espectroscopia na região do Infravermelho**

Utiliza-se a espectroscopia na região do infravermelho com o intuito de identificar a composição de substâncias ou identificar compostos, sejam estes orgânicos ou inorgânicos, baseando-se nas vibrações características dos grupos funcionais destes compostos (PAVIA et al., 2012).

Cada composto absorve energia em apenas um comprimento de onda específico, essa energia precisa ser equivalente as frequências vibracionais naturais do composto em questão. O equipamento incide sobre a amostra uma radiação eletromagnética na região do infravermelho, em um nível de energia específico para o composto. Com isso, o composto

absorve essa energia, convertendo-a em energia vibracional, e em seguida a transmite, possibilitando assim a criação de um gráfico pelo equipamento (PAVIA et al., 2012).

Tal técnica será utilizada na pesquisa após a produção dos adsorventes, para averiguar se toda a matéria orgânica foi convertida em carvão vegetal, e se a celulose extraída está pura. Ao final, será utilizada para verificar se houve adsorção e quais grupos funcionais ocorreram a adsorção de pelos materiais adsorventes.

## **8 METODOLOGIA**

A metodologia será dividida em quatro etapas: pré-tratamento do resíduo vegetal (borra de erva-mate), obtenção dos materiais adsorventes (carvão e celulose), caracterização dos materiais e testes de adsorção utilizando corantes têxteis. Serão utilizados resíduos vegetais residenciais, no caso erva-mate, dispostos pelos estudantes do Instituto Federal de Santa Catarina.

### **8.1 MATERIAIS**

Os equipamentos utilizados para a execução da metodologia serão: estufa, mufla, balanças semi-analíticas, dessecador, infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) - modelo Perkin Elmer Spectrum Two - e UV-Visível (UV-Vis) - modelo F22. Para a obtenção dos materiais adsorventes, serão empregados os seguintes reagentes: hexano, etanol, água, hidróxido de sódio 5% (m/v), peróxido de hidrogênio 2% (v/v), solução de ácido acético 80% (v/v) e ácido nítrico concentrado 65% (v/v). Já os corantes utilizados serão os dispostos no campus no momento das análises, já que a pesquisa não apresenta foco em nenhum corante específico.

### **8.2 PRODUÇÃO DOS MATERIAIS ADSORVENTES**

Antes da produção dos materiais adsorventes, será feito o pré-preparo dos resíduos, etapa essa que consiste na captação dos resíduos vegetais (borra de erva-mate) e secagem das amostras na estufa em uma temperatura de aproximadamente 110 °C, por tempo determinado nos testes para a secagem completa. Após, serão encaminhadas ao dessecador onde permanecerão por 20 min e por fim, realizada a pesagem. A obtenção dos materiais adsorventes (carvão e celulose) será feita em paralelo, adotando duas metodologias diferentes.

Com a finalidade de produzir o carvão, a erva-mate será levada à mufla com temperatura inicial de 150 °C, sendo que a temperatura sofrerá aumentos de 5 °C/min, até alcançar a temperatura de 500 °C (NASCIMENTO; ALVES, 2013). O procedimento será feito em triplicata.

Para a extração da celulose, adaptou-se a metodologia proposta por Bica *et al.* (2009) que inicia na extração por Soxhlet utilizando três diferentes solventes: hexano, etanol e água, respectivamente. Cada extração com 6 ciclos, sendo que no final do processo será utilizado o extrato sólido, enquanto os solventes serão recuperados através do evaporador rotativo.

Em sequência, adicionar-se-á uma solução aquosa de hidróxido de sódio 5% (m/v) no extrato sólido, a fim de retirar alguns compostos remanescentes, como a lignina e os silicatos. Em seguida, as amostras serão encaminhadas a autoclave, mantendo-as por 15 min, a 1,5 atm e 121 °C. Ao finalizar este processo, as amostras serão filtradas, lavadas, secas e pesadas.

Com a celulose isolada, poderá ser feita a sua purificação, com a finalidade de retirar possíveis impurezas ainda presentes. Primeiramente, a amostra será aquecida a 40 °C em uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio 2% (v/v), ajustando o pH para 12, se necessário.

Em seguida, serão acrescentadas soluções aquosas de ácido acético 80% (v/v) e ácido nítrico concentrado 65% (v/v) nas amostras, estas serão aquecidas a 120 °C por 30 minutos. Por fim, a celulose purificada será lavada, com etanol e água, e seca na estufa em uma temperatura de, aproximadamente, 105 °C por 4 h.

### **8.3 CARACTERIZAÇÃO**

Para a caracterização será utilizada a espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Serão feitas análises em dois momentos, sendo o primeiro após a obtenção dos materiais adsorventes, com o intuito de averiguar se houve total conversão da matéria orgânica em carvão e certificar-se que a celulose estará pura. Enquanto a segunda análise ocorrerá após os testes de adsorção dos materiais adsorventes, para verificar se houve a adsorção do corante, através da identificação dos grupos funcionais característicos do mesmo.

### **8.4 TESTES DE ADSORÇÃO**

Com o intuito de verificar se os materiais adsorventes produzidos são eficazes para a adsorção de corantes têxteis, serão realizados testes de adsorção com os corantes dispostos nos laboratórios do IFSC Jaraguá do Sul - Centro.

Será preparada uma solução com concentração conhecida, para determinar a concentração e quantidade de corante adsorvida, tempo e concentração no equilíbrio (parâmetros de equilíbrio), cinética de adsorção (velocidade da reação) e parâmetros termodinâmicos. Com os dados obtidos e a cinética de adsorção determinada, poderão ser construídas isotermas de adsorção.

As variáveis envolvidas serão o tempo, a concentração e a temperatura, enquanto o pH (5~6) será mantido constante. Todos os procedimentos serão repetidos para cada um dos materiais adsorventes, carvão e celulose, e em tubos distintos, de acordo com o tempo e as concentrações estipulados.

#### **8.4.1 Determinação do tempo e da concentração do corante no equilíbrio**

Com o intuito de determinar a concentração e o tempo de equilíbrio de adsorção dos materiais adsorventes (carvão e celulose), será feita a cinética de adsorção. Para isso, serão adicionados 10 mg de carvão em um tubo e 10 mg de celulose em outro tubo, juntamente com 10 mL do corante, variando a concentração do mesmo entre: 50, 100, 150, 250 e 500 mg/L, e mantendo por cerca de 90 min em cada concentração. A concentração será variada a fim de encontrar a concentração no equilíbrio.

Após o tempo, serão retiradas alíquotas das misturas e estas serão encaminhadas à centrífuga, para que o material adsorvente precipite e posteriormente o sobrenadante seja retirado e analisado no UV-Vis.

Para determinar o tempo de equilíbrio de adsorção será adotado o mesmo procedimento que para a determinação da concentração no equilíbrio, no entanto, ao invés de variar a concentração, o tempo será variado.

Serão adicionados 10 mg da celulose em um tubo e 10 mg de carvão em outro tubo, serão acrescentados 10 mL do corante em ambos, com concentração determinada posterior aos resultados do tempo de equilíbrio da adsorção, mantendo em agitação constante. Simultaneamente, o cronômetro será iniciado, mantendo o adsorvente atuando por 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150 e 180 min. Atingindo cada tempo, serão retiradas

alíquotas das misturas e estas encaminhadas à centrífuga para posteriormente serem analisadas no UV-Vis.

#### **8.4.2 Determinação da concentração de corante adsorvido**

Para determinar a concentração do corante através do UV-Vis, será construída uma curva de calibração seguindo os princípios da espectroscopia, e utilizando a equação de Lambert-Beer (Equação 4), será possível quantificar concentrações desconhecidas somente com seu valor de absorvância lido no UV-Vis.

$$A = \varepsilon b C \quad (\text{Equação 4})$$

Além de verificar o tempo de equilíbrio de adsorção, os dados obtidos com o UV-Vis permitem a determinação da concentração de corante adsorvido pelo material adsorvente, através da diferença da concentração do corante antes e após o contato com o adsorvente (Equação 5).

$$\text{Concentração adsorvida} = \text{Concentração inicial} - \text{Concentração final} \quad (\text{Equação 5})$$

Os processos serão repetidos em três diferentes temperaturas: 25 °C, 30 °C, 35 °C e 50 °C, com o intuito de averiguar como o aumento de temperatura influencia na adsorção utilizando estes materiais adsorventes.

### **8.5 TRATAMENTO DE DADOS**

#### **8.5.1 Isotermas de adsorção**

Com o tempo de equilíbrio determinado, será possível a construção das isotermas de adsorção do corante utilizado. Será calculada a quantidade de material adsorvido por unidade de massa do adsorvente utilizando a Equação 6.

$$q_{\text{eq}} = (C_0 - C_{\text{eq}}) V m \quad (\text{Equação 6})$$

Onde  $C_0$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e  $C_{\text{eq}}$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) representam as concentrações inicial e no equilíbrio, respectivamente,  $V$  (L) o volume de adsorbato e  $m$  (g) a massa do material adsorvente. A partir desses dados, as isotermas irão ser construídas e ajustadas aos modelos de Langmuir e de Freundlich.

## 8.6 TRATAMENTO DE REJEITOS

As substâncias utilizadas, e que precisam de tratamento específico são: hexano, etanol, hidróxido de sódio 5% (m/v), peróxido de hidrogênio 2% (v/v), solução de ácido acético 80% (v/v) e ácido nítrico concentrado 65% (v/v). Os solventes orgânicos, como hexano e etanol, os quais serão utilizados apenas no processo de purificação da celulose, poderão ser recuperados por meio do evaporador rotativo. Já os resíduos ácidos ou básicos serão neutralizados, e posteriormente descartados em locais apropriados.

Quanto a celulose e o carvão vegetal, tais materiais podem ser empregados na fabricação de papel e cerâmica, respectivamente, ou enviados para um aterro apropriado. Tanto a reutilização, quanto o descarte, podem ser feitos com os materiais contendo ou não o corante. Já os resíduos de corante em forma líquida, serão descartados em um recipiente destinado aos efluentes têxteis gerados do campus IFSC - Jaraguá do Sul.

## 9 CRONOGRAMA

	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Produção dos materiais adsorventes	X				
Quantificar o rendimento dos materiais adsorventes	X				
Caracterização dos materiais adsorventes		X			
Testes de adsorção		X	X	X	
Construir as isotermas			X	X	
Tratamento de rejeitos			X	X	
Relacionar os dados com a literaturas			X	X	
Elaboração do artigo	X	X	X	X	
Entrega do relatório					X
Apresentação final					X

## 10 REFERÊNCIAS

- ADSORÇÃO:** Em superfície sólidas. S/d. Disponível em:  
<<http://qa.ff.up.pt/fa/pdf/fa-t03.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2017.
- ALFAYA, Antonio A. S. et al. **Avaliação do potencial da erva-mate como bioissorvente.** Sociedade Brasileira de Química, Londrina, Paraná, s/d. Disponível em:  
<<http://www.s bq.org.br/37ra/cdrom/resumos/T1236-1.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2017.
- ALONSO-FALLEIROS, Neusa. **Adsorção.** S/d. PMT 2306 - Físico-Química para Engenharia Metalúrgica e de Materiais II. Disponível em:  
<[http://www.pmt.usp.br/LPE/FisQ2/14\\_Adsorcao\\_12.pdf](http://www.pmt.usp.br/LPE/FisQ2/14_Adsorcao_12.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2017.
- BICA, C.I.D; NACHTIGALL, S.M.B; REIS, N.G; ROSA, S.M.L. **Extração e purificação da testa de soja.** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/99-200-6639.htm>>. Acesso em: 4 out. 2009
- BORILLE, Ângela Maria Wolski. **Relação entre compostos fitoquímicos e o nitrogênio em morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.).** 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia-Área de Concentração “ciência do Solo”, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2004.
- CARDOSO. Mayara. **Adsorção.** S/d. Disponível em:  
<<http://www.infoescola.com/quimica/adsorcao/>>. Acesso em: 11 de mar. de 2017.
- CARDOSO, Natalí Farias. **Adsorção de corantes têxteis utilizando bioissorventes alternativos.** 2012. Tese (Pós-Graduação em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS. Disponível em:  
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63143/000869354.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11 de mar. de 2017.
- CARVALHO, Thomas. **Espectro Eletromagnético.** [20--]. Disponível em:  
<<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>>. Acesso em: 05 jun. 2017.
- CASTELLAN, Gilbert. **Fundamentos de Físico-Química.** Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.a, 1986.
- CHÁS BRASIL. **Chá mate:** veja como ganhar mais saúde e boa forma. Disponível em:  
<<http://chasbrasil.com/cha-mate/>>. Acesso em: 29 maio 2017.
- CHEMISTRYTWIG. **What’s the Difference Between Absorption and Adsorption?** 2013. Disponível em:  
<<http://chemistrytwig.com/2013/09/18/whats-the-difference-between-absorption-and-adsorption/>>. Acesso em: 26 maio 2017.
- COLARES, C. J. G.; SANDRI, D. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte.** *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 172-185, 2013. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/13.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CROCE, Dorli Mário da. Características físico-químicas de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) no Estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p.107-113, dez. 2002.

DIAS, Selaria. **Qual a diferença entre tereré e chimarrão?** 2016. Disponível em: <<http://www.selariadias.com.br/blog/qual-a-diferenca-entre-terere-e-chimarrao/>>. Acesso em: 28 maio 2017.

DONINI, Igor A. N. et al. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Eclética Química**. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, v. 35, n. 4, p. 165-178, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/7961>>. Acesso em: 09 maio 2017.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. [20--]. **Celulose**; Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/celulose.htm>>. Acesso em: 09 maio 2017.

FREITAS, Guilherme Barroso Langoni de et al. Erva-mate, muito mais que uma tradição, um verdadeiro potencial terapêutico. **Revista Eletrônica da Farmácia**, Goiânia, v. 18, n. 3, p.101-113, 27 jul. 2011.

FURUKAWA, Paula Márcia Sapia. **Eficiência de remoção de DBO dos principais processos de tratamento de esgotos adotados no Brasil**. In: REUNIÃO SUB-GRUPO DE SANEAMENTO - CONAMA, 2009, São Paulo. São Paulo, 2009. p. 1 - 17. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/ApresentacaoRemocaoDBO.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

GRAN VELADA. **Carvão Vegetal de pinho em pó**. Disponível em: <<http://www.granvelada.com/pt/materiais-para-fazer-incenso/1858-carvao-vegetal-em-po.html>>. Acesso em: 29 maio 2017.

GONÇALVES, Maraisa et al. Produção de carvão a partir de resíduo de água-mate para remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso. **Ciênc. Agrotec.** [conectados]. 2007, vol.31, n.5, pp.1386-1391. ISSN 1413-7054. Disponível em: <[Http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000500017](http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000500017)>. Acesso em: 25 de abr. de 2017.

GUARATINI, Cláudia CI; ZANONI, Maria Valnice B. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v23n1/2146.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2017.

HARO, Nathalia K. et al. Avaliação da importância do potencial hidrogeniônico (ph), temperatura e tempo de contato na adsorção de sulfato em solução aquosa utilizando carvão ativado funcionalizado – um estudo de equilíbrio. in: encontro brasileiro sobre adsorção, 10., 2014, Guarujá: **Encontro Brasileiro Sobre Adsorção**, 2014. p. 1 - 8. Disponível em: <[http://www2.unifesp.br/home\\_diadema/eba2014/br/resumos/R0021-1.PDF](http://www2.unifesp.br/home_diadema/eba2014/br/resumos/R0021-1.PDF)>. Acesso em: 11 maio 2017.

HURN, Matheus. **Tererê ou tereré: faz diferença?** Disponível em: <<http://matheushurn.blogspot.com.br/2014/08/terere-ou-terere-faz-diferenca.html>>. Acesso em: 29 maio 2017.

LANGANKE, Roberto. **O que são resíduos?** s/d. Disponível em: <[http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/lixo\\_residuos.htm](http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/lixo_residuos.htm)>. Acesso em: 28 maio 2017.

LIMA, L.C.B. et al. **Uso do biopolímero celulose na adsorção do corante remazol amarelo.** In: 2º SIMPÓSIO NORDESTINO DE QUÍMICA, 2016, Rio de Janeiro - RJ. 2º Simpósio Nordeste de Química. Teresina - PI: ABQ, 2016. p. 1. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/sinequi/2016/trabalhos/102/8678-22333.html>>. Acesso em: 09 maio 2017.

LONGHINOTTI, Elisane et al. Adsorção de azul de metileno e croconato amarelo pelo biopolímero quitina. **Química Nova**, Florianópolis - SC, v. 19, n. 3, p.221-224, 19 jan. 1996. Disponível em: <[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3\\_221\\_v19\\_n3\\_01.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3_221_v19_n3_01.pdf)>. Acesso em: 09 maio 2017.

MARIN, Pricila et al. **Avaliação do efeito da temperatura, pH e granulometria do adsorvente na adsorção do corante azul reativo 5G.** In: ENGEVISTA. 2015. v. 17, p. 59 - 68. Disponível em: <<http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/viewFile/542/309>>. Acesso em: 08 maio 2017.

MARQUES, Mara. **Ligações Glicosídicas.** 2017. Disponível em: <<http://know.net/ciencterravida/biologia/ligacoes-glicosidicas/>>. Acesso em: 09 maio 2017.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa.** Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>>. Acesso em: 08 maio 2017.

MIMURA, Aparecida Maria Simões; SALES, Janilson Ribeiro Castro; PINHEIRO, Paulo César. Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 1, p.53-56, fev. 2010. Disponível em: <[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32\\_1/10-EEQ-2209.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32_1/10-EEQ-2209.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2017.

MOREIRA, Danna Rodrigues. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia.** 2010. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

NASCIMENTO, Stéfani Caroline do; ALVES, Annelise Kopp. **Produção de Carvão Ativado a partir de resíduos de processamento do Babaçu (Orbignya phalerata).** In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25., 2013, Porto Alegre. **XXV SIC.** [porto Alegre]: Propesq, 2013. p. 01 - 01. Disponível em: <[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/91662/Poster\\_29660.pdf?sequence=2](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/91662/Poster_29660.pdf?sequence=2)>. Acesso em: 23 abr. 2017.

NUNES, Diego Luiz. **Preparação de carvão ativado a partir de torta prensada de *Raphanus sativus* L. e utilização para clarificação de soluções.** Dissertação em Ciência de Alimentos. Faculdade de Farmácia, UFMG, Belo Horizonte. 117 p. 2009.

OLIVEIRA, Rhuana Adrielle Lima de. **Ligações Glicosídicas**. [20--]. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAzNAAD/ligacoes-glicosidicas>>. Acesso em: 09 maio 2017.

OLIVEIRA, Aylson Costa et al. **Viabilidade econômica da produção de carvão vegetal em dois sistemas produtivos**. Floresta, Curitiba - PR, v. 44, n. 1, p.143-152, maio 2014. Disponível em: <[http://ciflorestas.com.br/arquivos/d\\_d\\_d\\_22840.pdf](http://ciflorestas.com.br/arquivos/d_d_d_22840.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2017.

PAVIA, Donald, et al. **Introdução à espectroscopia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PASINATO, Raquel. **Cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil**. 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia de Agroecossistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PEIXOTO, Fabia Pinho; MARINHO, Gloria; RODRIGUES, Kelly. Corantes têxteis: uma revisão. **HOLOS**, v. 5, p. 98-106, 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1239>>. Acesso em: 08 maio 2017.

Portal Laboratórios Virtuais de Processos Químicos. **Fundamentos e Princípios Físico-Químicos**. Disponível em: <[http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=450&id=188&option=com\\_content&task=view](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=450&id=188&option=com_content&task=view)>. Acesso em 01 junho 2017.

PUC-RIO (Org.). **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: 08 maio 2017.

RAMOS, Roberta de Oliveira. **Avaliação do efeito de matriz para o processamento de erva-mate comercial, na análise de resíduo de agrotóxicos por cromatografia líquida, utilizando diferentes métodos de extração**. 2013. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Química: Bacharelado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/66478>>. Acesso em: 09 maio 2017.

REIS, Danielle Cristina Neves Silveira Pessôa et al. **Importância do estudo da área superficial específica e porosidade do estearato de magnésio para o setor farmacêutico**. 2013.

SANTOS, Evelyn Cristina da Silva. **Investigação da atividade neurofarmacologia de *Ilex paraguariensis* em camundongos**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Farmacologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. [20--]. **O que é celulose?**; Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-celulose.htm>>. Acesso em: 09 maio 2017.

SCHONS, Elenice. **Fenômenos interfaciais**. Universidade Federal de Goiás. S/d. 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: 11 de mar. de 2017.

SILVA, Ariane Torquato da. **Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de Pinus elliottii como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis.** 2005. 45 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- Sc, 2005. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105181/Ariane\\_Torquato\\_da\\_Silva.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105181/Ariane_Torquato_da_Silva.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 08 maio 2017.

SILVA, L. et al. **SORÇÃO DO CORANTE ANIÔNICO VERMELHO REATIVO RB NA CELULOSE: Estudo da influência do pH e da cinética de adsorção.** 2013. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/12/2626-12821.html>>. Acesso em: 28 maio 2017.

TUDO GOSTOSO. **Chimarrão.** disponível em: <<http://www.tudogostoso.com.br/receita/66330-chimarrao.html>>. Acesso em: 29 maio 2017.