



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina-Campus Jaraguá do Sul

Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado)

Débora Paulus Soares

Diego Dalmolini

Gabriel Rodrigo Engster

Jediaél Burdião Moura

Luana Aparecida de Noronha

Victor Hugo Graffunder de Oliveira

**ADSORÇÃO DE CORANTE TÊXTIL POR MEIO DE CAULE E FOLHAGEM DO
Secchium edule (CHUCHUZEIRO)**

Jaraguá do Sul
Julho de 2014

Débora Paulus Soares
Diego Dalmolini
Gabriel Rodrigo Engster
Jediaél Burdião Moura
Luana Aparecida de Noronha
Victor Hugo Graffunder de Oliveira

**ADSORÇÃO DE CORANTE TÊXTIL POR MEIO DE CAULE E FOLHAGEM DO
Sechium edule (CHUCHUZEIRO)**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul.

Orientador e Coordenador: Prof^o Juliano Maritan Amâncio.

Jaraguá do Sul
Julho de 2014

SUMÁRIO

1. TEMA	4
2. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3. PROBLEMA	4
4. HIPÓTESES	4
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo geral:.....	4
5.2. Objetivos específicos:	4
6. JUSTIFICATIVA	5
7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1. Efluêntes têxteis	6
7.2. Processos de adsorção	7
7.2.1. Adsorção.....	7
7.2.2. Absorção.....	8
7.2.3. Equilíbrio de Adsorção.....	9
7.2.4. Isotermas de Adsorção.....	10
7.2.5. Fatores de Influência nos Processos de Adsorção	11
7.3. Carvão Ativado	13
7.4. Espectrofotômetro	14
7.5. Absorbância e Transmitância	15
7.6. Lei de Lambert-Beer	16
7.7. Corantes.....	17
7.7.1. Corantes Reativos	17
7.7.2. Corantes Diretos	18
7.7.3. Corantes Azóicos.....	18
7.7.4. Corantes Ácidos.....	18
7.7.5. Corantes Dispersivos	18
7.8. Azul de Metileno.....	19
7.9. <i>Sechium edule</i> e seu caule	20
8. METODOLOGIA.....	21
8.1. Adsorbato	21
8.2. Adsorvente	21
8.3. Ensaio laboratoriais	22
8.3. Tratamento dos Dados.....	23
9. CRONOGRAMA.....	25
REFERÊNCIAS	26

PROJETO DE PESQUISA

1. TEMA

Adsorção de corante têxtil por meio de caule e folhagem do *Sechium edule* (chuchuzeiro).

2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Adsorção do corante azul de metileno com a utilização do caule e folhagem do *Sechium edule* (chuchuzeiro) na forma *in natura* e cinzas.

3. PROBLEMA

O *Sechium edule* apresenta propriedades nas formas *in natura* e em cinzas que possibilitam a adsorção significativa do corante azul de metileno quando comparado ao carvão ativado e outros adsorventes já estudados na instituição?

4. HIPÓTESES

- O caule e as folhas do *Sechium edule* nas formas *in natura* e cinzas apresentam teores de adsorção semelhantes a outros adsorventes;
- O teor de adsorção das folhas e caule do *Sechium edule* é maior na forma de cinzas;
- O tempo de equilíbrio da adsorção das folhas e caule do *Sechium edule* em geral, é próximo ao encontrado para outros adsorventes.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo geral:

Estabelecer o teor de adsorção do corante azul de metileno utilizando as folhas e caule do *Sechium edule*.

5.2. Objetivos específicos:

- Preparar quatro amostras diferentes das folhas e caule do *Sechium edule*, três na forma *in natura* e uma na forma de cinzas;

- Utilizar as amostras obtidas para adsorção do azul de metileno em diferentes concentrações;
- Encontrar o tempo de equilíbrio da adsorção para as diferentes amostras;
- Comparar o teor de adsorção obtido através dos experimentos realizados e verificar qual amostra se comportou melhor na adsorção do corante;
- Equiparar os dados obtidos à bibliografia para verificar a eficácia da adsorção do adsorvente quando comparado ao carvão ativado e a outros adsorventes já estudados na instituição.

6. JUSTIFICATIVA

Os corantes são contribuintes na poluição dos recursos hídricos, e quando presentes, dificultam a penetração dos raios solares, prejudicando assim o metabolismo fotossintético de algumas espécies, apresentando também recalcitrância além de serem potencialmente cancerígenos. (SALGADO et al., 2009 apud PETERNEL. KOPRIVANAC, KUŠIĆ, 2006).

Todos os processos das indústrias têxteis para tingimentos de fibras dos tecidos têm como última operação uma etapa de lavagem em banhos correntes para retirada do excesso de corante que não fixou-se à fibra nas etapas anteriores (GUARATINI; ZANONI, 2000), gerando efluentes que devem ser tratados antes de serem despejados nos recursos hídricos naturais.

Uma das formas mais utilizadas para o tratamento desses efluentes é a adsorção, que é um processo onde há o acúmulo de uma determinada substância ou elemento na interface entre a superfície sólida e a solução adjacente. Sendo adsorbato o material acumulado na interface e adsorvente a superfície sólida em que o adsorbato acumula-se. (MOREIRA, 2004).

O carvão ativado é bastante empregado nos processos de adsorção para remoção de corantes de sistemas aquosos, por apresentar propriedades excelentes de adsorção desse tipo de material, porém sua utilização limita-se devido ao custo de utilização elevado que possui. (ROYER, 2008).

Um dos métodos utilizados para baratear o custo da remoção de corante dos efluentes, é a troca de adsorventes de custo elevado por adsorventes alternativos, barateando-

se o processo de adsorção. Os biossorventes (materiais sorventes de origem natural) aparecem como adsorventes atraentes devido a diversos fatores: baixo custo, fácil disponibilidade de obtenção, eficiência elevada, biodegradabilidade, capacidade de tratar corantes em altas concentrações, dentre outros fatores. (MÓDENES et. al., 2011).

Nesse contexto, o presente estudo pretende utilizar o chuchuzeiro como adsorvente alternativo, já que o *Sechium Edule* está entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil, e também porque o país é o seu maior produtor no mundo. Em Santa Catarina, o destaque da produção fica nos municípios de Antônio Carlos e Anitápolis, onde a produção atinge aproximadamente 30 t/ha/ano. (FAYAD, 2013).

A utilização do *Sechium Edule* como adsorvente de corante têxtil, relaciona-se com o tema “Química e a Indústria” bem como com a região, pois Jaraguá do Sul é um polo de indústrias têxteis e o segmento é responsável por 22% do PIB da cidade, sendo assim a cidade possui grande demanda de tratamentos de efluentes dessas indústrias (SOUZA, 2012).

7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1. Efluentes têxteis

Os efluentes têxteis são resíduos gerados especificamente pela indústria têxtil, que em suas diversas atividades rotineiras de emprego de substâncias em processos industriais (geralmente em larga escala) acabam transformando grande parte de suas matérias-primas de fabricação em material de descarte (KUNZ et al, 2002).

Os aditivos químicos utilizados na indústria têxtil, e no caso dos corantes, também em outros setores, se mostram extremamente necessários às diversas atividades de que a sociedade usufrui rotineiramente, tendo por esse e por outros motivos, as mais diferentes variedades que são aplicadas de acordo com cada situação e necessidade específica (KUNZ et al, 2002).

Os principais efluentes da indústria têxtil são os corantes orgânicos sintéticos, classificados pela ABNT NBR 10004/04 como resíduos não perigosos (ABNT, 2004), que se misturados à água juntamente de outros aditivos químicos geram uma grande quantidade das chamadas águas residuárias, isto é, águas com quantidades de resíduos acima das permitidas pela legislação vigente. Em especial no caso da indústria têxtil, podemos caracterizar as águas

residuárias como águas que “contêm altas cargas de sais dissolvidos, surfactantes, sólidos suspensos e matéria orgânica” (SALGADO et al, 2009). No caso dos corantes, observa-se no Art. 14 da resolução 357/05 do CONAMA que há restrições para as quantidades de corantes vindos de ação antrópica em águas doces (CONAMA, 2005). Assim sendo, essa água utilizada pela indústria deve passar por processos de tratamento visando evitar poluir os recursos hídricos e preservar a fauna e flora do meio ambiente em localidades que sofrem com o descarte de substâncias oriundas da ação antrópica, ação que vem gerando verdadeiras catástrofes ambientais. (KUNZ et al, 2002).

Com o avanço de tecnologias empregadas na indústria podemos ver ao menos em parte aumento de poluição de água, ar e solo, tendo os efluentes têxteis, ação tóxica, efeitos carcinogênicos e genotóxicos, por exemplo. (SOTO et al, 2010).

No entanto podemos perceber também entre vários setores da sociedade um interesse crescente na construção de tecnologias que visam o tratamento adequado dos efluentes têxteis, inibindo com mais eficácia ou ao menos com mais alternativas as consequências socioambientais negativas do aumento da produção industrial. A título de exemplo, podemos citar que entre as formas de tratamento das águas residuárias da indústria têxtil há classicamente processos químicos, físicos e físico-químicos, mas temos também modernamente, o tratamento biológico pelo uso de microrganismos (KAMIDA et al, 2005).

7.2. Processos de adsorção

A adsorção é aplicada nas mais diversas áreas, desde processos físico-químicos à biológicos naturais. É o processo onde ocorre o acúmulo de íons entre duas fases, ou o aumento de sua concentração numa superfície, onde o fluido adere ao adsorvente (FRANCHI, 2004). A substância sendo concentrada ou adsorvida é denominada *adsorbato*; a fase ou superfície onde ocorre a adsorção é dita *adsorvente* (MOREIRA, 2004).

O processo de adsorção está incluso na definição de sorção, sendo este o termo genérico que engloba os fenômenos de *adsorção* e *absorção*, no qual um componente move-se de uma fase para outra, geralmente em casos onde esta última é um sólido (FRANCHI, 2004, apud WEBER, 1972).

7.2.1. Adsorção

A adsorção ocorre na superfície. Neste processo ocorre a remoção seletiva de um material em solução, o soluto, por contato do fluido com o adsorvente, sendo este uma superfície sólida onde o material é depositado. O processo inverso, ou seja, a remoção do componente da superfície do adsorvente, é denominada *dessorção*, podendo ocorrer com a adição de solvente orgânico e mudanças na temperatura e pH (BALDISSARELLI, 2006).

Das interações do adsorbato com a superfície adsorvente, existem três principais tipos de adsorção (FRANCHI, 2004, apud WEBER, 1972; WEBER; DiGIANO, 1996):

- **Adsorção por atração elétrica:** envolve fenômenos de troca iônica, onde íons de determinada substância acumulam-se na superfície do adsorvente, motivada pela atração eletrostática exercida por áreas eletricamente carregadas. Por exemplo, num sistema com dois adsorbatos de concentrações semelhantes, onde existam íons mono e trivalentes, os íons trivalentes serão mais fortemente atraídos pela área de carga elétrica oposta na superfície do adsorvente. Para íons de carga elétrica igual, o raio iônico irá definir a ordem de preferência na adsorção, sendo privilegiados os de menor raio. Este processo adsorptivo normalmente envolve elevados níveis de energia de adsorção (200kJ/mol).

- **Adsorção por atração de forças de Van der Waals:** denominada *adsorção física (fisissorção)*, ocorre quando a molécula adsorvida não se fixa em uma área específica do adsorvente, podendo se movimentar dentro da interface. É caracterizada por baixa energia de adsorção (5 a 10kJ/mol), ou seja, o adsorbato não se fixa fortemente ao adsorvente.

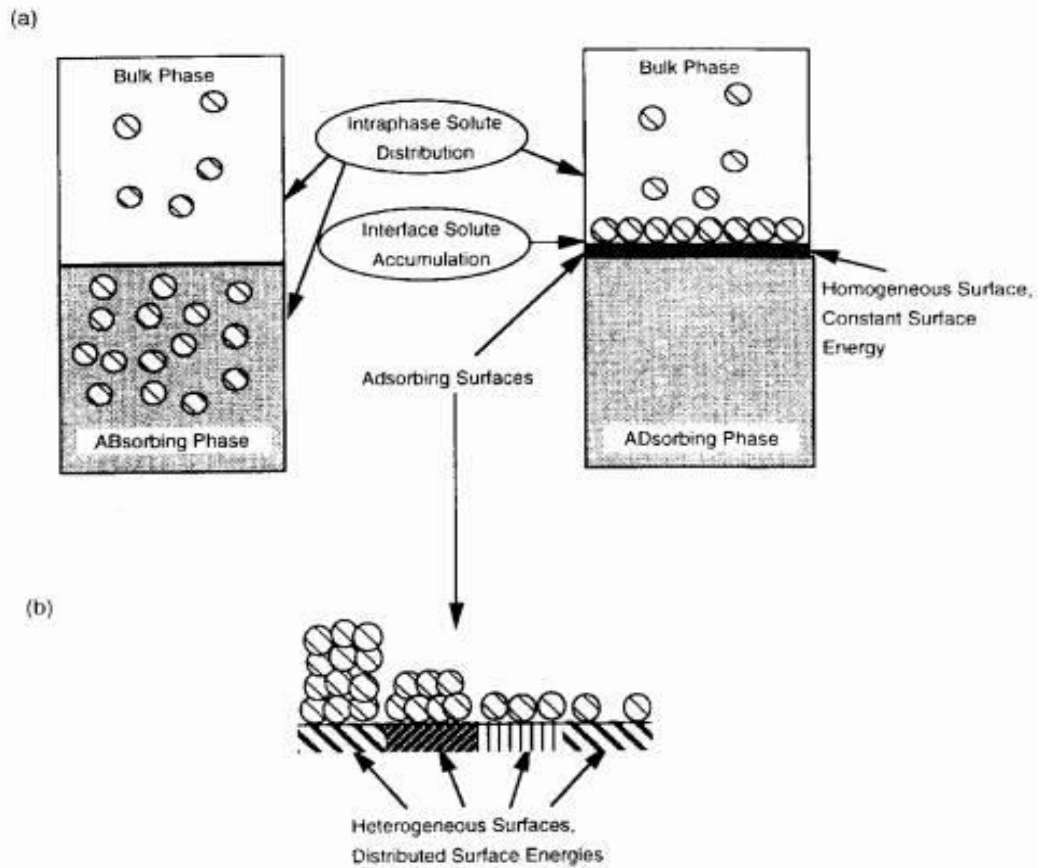
- **Adsorção por atração química:** envolve fenômenos onde o adsorbato liga-se quimicamente ao adsorvente, nos quais ocorre troca ou partilha de elétrons ao invés de troca iônica. É denominada *adsorção química, adsorção ativa* ou “*quimiossorção*”, e caracterizada por alta energia de adsorção (100 a 400kJ/mol) devido à forte ligação entre adsorvente e adsorbato, que não se movimenta na interface de adsorção.

7.2.2. Absorção

A absorção ocorre a nível molecular, diferente da adsorção, que ocorre apenas superficialmente. No processo de absorção ocorre a transferência de energia de um campo eletromagnético, por exemplo, a luz, para uma entidade química, como um átomo ou molécula, penetrando a superfície sólida (HAGE; CARR, 2012).

A Figura 01 expressa a característica de sorção dos dois processos, adsorção e absorção. Deve-se levar em consideração a superfície onde ocorre a adsorção, sendo ela heterogênea ou não, na questão de distribuição dos íons ou moléculas, assim como a energia envolvida (FRANCHI, 2004).

FIGURA 01 - Processos de adsorção e absorção.



FORNTE: FRANCHI, 2004, apud WEBER; DiGIANO, 1996, p. 53.

Há uma tendência em considerar a absorção um processo mais físico do que químico, já que as forças de ligação que atuam são as de Van der Waals, interações dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio, sendo de baixa energia, reversível e com pouca seletividade; a adsorção tem como características a alta energia de adsorção, maior nível de seletividade e irreversibilidade (FRANCHI, 2004, apud SANTOS, 1998).

7.2.3. Equilíbrio de Adsorção

O equilíbrio de adsorção é uma das propriedades fundamentais para avaliar a capacidade de adsorção de um adsorvente em relação ao adsorbato, sendo este um dos

critérios primordiais na escolha de adsorventes (BALDISSARELLI, 2006, apud ERNEST, 2004). Tal equilíbrio é atingido quando o teor de adsorção é igual ao de dessorção. Em outras palavras, ocorre quando a concentração do adsorbato na fase líquida e na fase sólida (adsorvente) é constante (ALLEN, 2003).

O poder adsortivo da superfície sólida, dado pelo equilíbrio de adsorção, permite traçar gráficos que demonstram a curva de concentração do adsorbato em função da quantidade de soluto que permanece na fase fluida, e uma vez que esses processos ocorrem à temperatura constante, as curvas obtidas são denominadas *isotermas de adsorção* (NUNES, 2009).

7.2.4. Isotermas de Adsorção

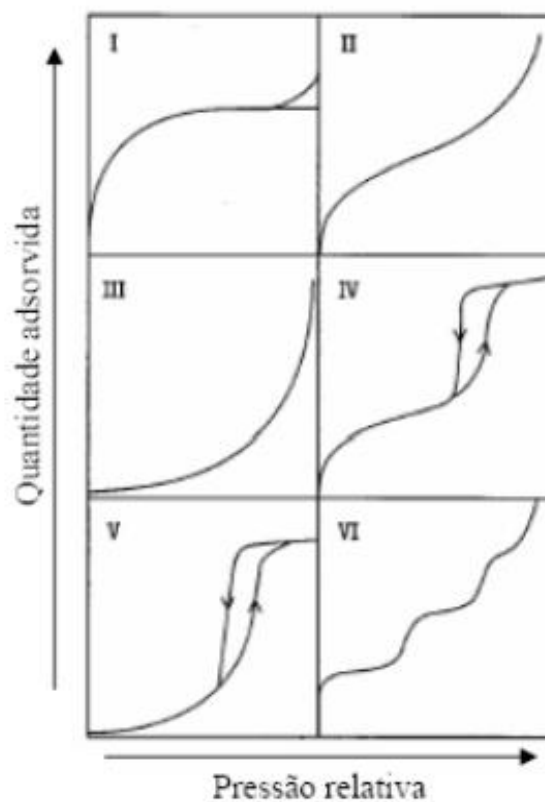
A isoterma de adsorção reflete a capacidade de adsorção do adsorvente sob determinadas condições experimentais. Em geral, são descritas e baseadas em modelos matemáticos e simplificam o quadro de adsorção e dessorção. Através de uma isoterma pode-se prever a quantidade de adsorvente necessária para a retirada total ou parcial do adsorbato de um meio (CUSSLER, 1997; CHAKRABORTY, 2005). Sendo a isoterma definida à uma temperatura constante, a quantidade adsorvida aumenta com a concentração de adsorbato (em solução ou na fase gasosa) (NUNES, 2009). Os tipos de isotermas são variados e definidos de acordo com o comportamento dos componentes do sistema adsortivo (KEANE, 1998).

Os adsorventes podem ser classificados em função da sua estrutura porosa em seis tipos, conforme as isotermas BDDT, já estabelecidas pela IUPAC (NUNES, 2009, apud GREG; SING, 1982; WEBB; ORR, 1997). A figura 02 expressa os tipos de isotermas de adsorção. Observa-se que os gráficos representam a quantidade adsorvida em função da pressão relativa, pois nas isotermas de adsorção usa-se pressão relativa (no caso de um gás) ou concentração (no caso de um líquido) (DOMINGOS et al, 2013, apud GUELF; SCHEER, 2007).

O tipo I é a do tipo Langmuir e representa adsorventes com poros minúsculos (0,8nm a 1,8nm). Neste tipo de isoterma ocorre a deposição de uma única camada de soluto sobre a superfície do adsorvente. A isoterma do tipo II se caracteriza pela formação de multicamadas e representa os adsorventes não-porosos ou de poros relativamente grandes (NUNES, 2009; FRANCHI, 2004).

A isoterma do tipo III é caracterizada pela adsorção inicial lenta, devido a forças de adsorção pouco intensas. Os tipos IV e V representam o fenômeno da condensação capilar, característicos de materiais mesoporosos. E, finalmente, a isoterma do tipo VI representa um sólido não-poroso com superfície quase completamente uniforme, sendo este tipo raro, onde a adsorção ocorre em etapas (NUNES, 2009).

FIGURA 02 - Isotermas de adsorção.



FONTE: NUNES, 2009, apud GREG; SING, 1982; WEBB; ORR, 1997, p. 34.

7.2.5. Fatores de Influência nos Processos de Adsorção

Várias condições podem influenciar diretamente num processo de adsorção. Estas influências são estudadas variando-se um dos fatores enquanto as demais permanecem constantes (BALDISSARELLI, 2006). Dentre os diversos fatores que podem influenciar o processo de adsorção, os mais estudados são:

- **Concentração inicial do corante:** a concentração inicial do corante é importante porque em determinadas condições, uma determinada massa de adsorvente, só adsorve uma quantidade fixa de corante. Sendo assim, quanto mais concentrada a solução de corante, menor é a taxa que será adsorvida (BALDISSARELLI, 2006, apud McKAY, 1982). Na adsorção do corante azul de metileno utilizando-se carvão ativado, foi observada essa tendência onde a quantidade de corante adsorvida diminuía com o aumento da concentração inicial do corante. Isso se deve à falta de locais ativos disponíveis para a grande concentração inicial utilizada (BALDISSARELLI, 2006, apud KANNAN, 2002).

- **Tamanho da partícula do adsorvente:** a área superficial do adsorvente é um fator que exerce grande influência no processo de adsorção, uma vez que a adsorção é um fenômeno de superfície. De modo geral, quanto maior for a área de contato, maior será a capacidade de adsorção. Portanto, quanto mais dividido e/ou poroso for o material utilizado na adsorção, melhor será o resultado (BALDISSARELLI, 2006, apud SEKAR, 2004).

- **Quantidade de adsorvente:** mantendo-se a concentração inicial da solução e as outras variáveis do sistema constantes, e aumentando a massa do adsorvente, conseqüentemente a área para adsorção é aumentada e assim, a taxa de adsorção (BALDISSARELLI, 2006, apud EL-GEUNDI, 1991).

- **Temperatura:** resultados obtidos em estudos, indicam que fixando as demais variáveis e aumentando-se a temperatura, aumenta-se também a quantidade de corante adsorvida e o tempo necessário para o sistema atingir o equilíbrio. No caso da adsorção do corante reativo preto 5 em carvão ativado, pode ser por diversos fatores, entre eles: aumento da mobilidade nas moléculas do corante na solução, aumento no número de sítios ativos na superfície do carvão e aumento na energia das moléculas para tornando possível a interação com o carvão. Também, o aumento na temperatura agiliza o processo, pois diminui a viscosidade do meio e aumenta a solubilidade do adsorbato (BALDISSARELLI, 2006).

- **Agitação:** um aumento na velocidade/grau de agitação, de um sistema contendo substâncias em estado sólido e líquido ocasiona na diminuição da rigidez da parede que envolve a partícula do adsorvente fazendo-o se mover com maior facilidade e aumentando então, seu efeito adsorvivo. (BALDISSARELLI, 2006, apud EL-GEUNDI, 1991; McKAY, 1980; 1982).

- **Influência do pH:** de acordo com o estudo realizado na adsorção por carvão ativo, os números referentes à quantidade de corante adsorvida no equilíbrio, não se altera significativamente com o pH, com exceção do estudo realizado com pH natural. Também, foi observado que a constante de velocidade de adsorção, aumenta com o pH e conseqüentemente, o tempo de meia vida diminuem. Sendo apenas os valores com pH natural os que não obedecem a esse parâmetro (BALDISSARELLI, 2006).

- **Adição de eletrólitos:** no processo de tingimento de fibras têxteis, geralmente são utilizadas grandes quantidades de sais, sendo assim é importante investigar sua influência no processo de adsorção (BALDISSARELLI, 2006 apud NETPRADIT, 2004). Para determinar a influência da força iônica no processo de adsorção no estudo realizado referente à adsorção do carvão ativado, foi adicionado NaCl ao sistema adsorvente/adsorbato. Nesse experimento, foi possível verificar que quando adicionamos NaCl ao meio, a quantidade de corante adsorvida no equilíbrio é maior. Observou-se também que o tempo para se alcançar o equilíbrio aumentou (BALDISSARELLI, 2006).

- **Efeito do tempo de contato:** no processo de adsorção, a remoção do corante é através da taxa de transporte de moléculas do corante dos sítios externos para os sítios internos (BALDISSARELLI, 2006 apud KANNAN, 2001). A taxa de adsorção aumenta até que seja atingido um valor constante, onde não ocorre mais nenhuma adsorção adicional, atingindo um equilíbrio dinâmico com a quantidade dessorvida (BALDISSARELLI, 2006 apud ÖZACAR, 2003). O tempo de equilíbrio é necessário para definir as condições experimentais adequadas para a obtenção do isoterma de adsorção e estudos cinéticos (BALDISSARELLI, 2006 apud ALEXANDER, 1978).

7.3. Carvão Ativado

Carvão ativado é um material carbonoso que possui forma microcristalina, não gráfica, que sofreu modificações para aumentar sua porosidade. Em geral, materiais que possuem um alto teor de carbono podem ser ativados. Entre os mais utilizados estão: cascas de coco, arroz e nozes; carvões minerais, madeiras, turfas, resíduos petrolíferos, ossos de animais, caroços de pêssigo, de amêndoa, de ameixa, de azeitona, e grãos de café (PIZA, 2008).

Possui elevada área superficial e alta porosidade, tais características conferem a capacidade do carvão ativado de adsorver moléculas presentes na fase líquida e gasosa (NIEDERSBERG, 2012).

O carvão ativado tem três tipos de classificação: granular, fibroso e pó, e cada um é utilizado para uma finalidade específica (COUTO, 2009, apud SRINIVASAKANNAN; ABU BAKAR, 2004). Tem sido utilizado como adsorvente em muitos processos como: remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos de soluções, bem como em processos de purificação de gás.

Grande parte das substâncias orgânicas que causam sabor, odor, cor, mutagenicidade e toxicidade, podem ser adsorvidas pelo carvão ativado (PIZA, 2008). O carvão ativado é comumente empregado como adsorvente nos processos de remoção de corantes em sistemas aquosos, pois possui excelentes propriedades de adsorção, porém sua utilização restringe-se devido ao seu alto custo (ROYER, 2008).

7.4. Espectrofotômetro

Newton foi o primeiro a utilizar o termo espectro. Ele descobriu que quando a luz branca atravessa um prisma, divide-se em várias cores. Hoje em dia, sabe-se que apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético é visível, e a luz é definida como uma forma de energia eletromagnética, formada por ondas que apresentam comprimentos diferentes. O comprimento de onda é medido em nm (nanômetro) (RODRIGUES; SANTOS, 2011).

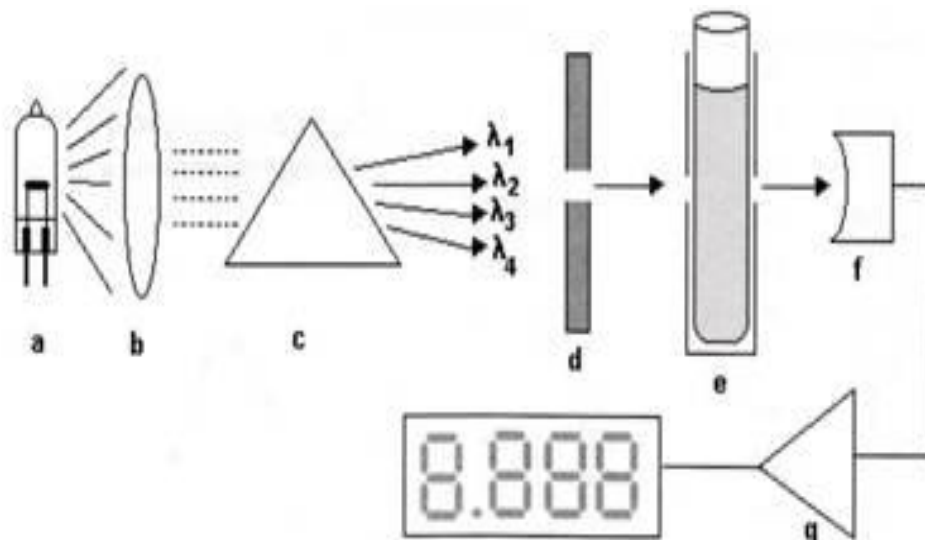
O espectrofotômetro faz leituras da capacidade de uma solução de um determinado composto de absorver luz. Essas leituras são chamadas de absorbância, e são lidas ao longo de uma faixa de comprimentos de onda eletromagnética. O gráfico é representado a partir dos valores de comprimento de onda (λ) versus absorbância, e chama-se espectro de absorção. A eficácia da leitura depende da escolha do comprimento de onda eletromagnética, já que só assim, pode-se detectar compostos em baixas concentrações. O espectrofotômetro permite verificar em qual faixa de comprimento de onda um composto apresenta maior afinidade de absorção, já que a absorbância depende da interação da luz com a matéria que por sua vez é dependente da estrutura química do composto (MENDES, 2010).

Alguns componentes estão presentes em todos os espectrofotômetros, a luz geralmente é fornecida por uma lâmpada, e fracionada através de um prisma ou rede de

difração denominada monocromador. Depois de selecionado o comprimento de onda, ele é dirigido para a solução que fica contida em um recipiente transparente (cubeta). Parte da luz é absorvida e parte é transmitida. A parte que transmitida é medida pelo detector (célula fotelétrica) que depende da intensidade da luz que incide sobre ele. A leitura é tida como *absorbância*, e é proporcional à concentração da substância absorvente existente na cubeta (MENDES, 2010).

A Figura 03 apresenta os componentes do espectrofotômetro, onde (a) é a fonte de luz, (b) colimador, (c) prisma ou rede de difração, (d) fenda seletora de X, (e) compartimento de amostras com cubeta contendo solução, (f) célula fotelétrica, (g) amplificador.

FIGURA 03 - Componentes do espectrofotômetro.



FONTE: MENDES, 2010.

7.5. Absorbância e Transmitância

Transmitância é um termo usado para definir a fração de luz transmitida pela amostra. Isso é necessário pois, para medir a quantidade de luz que é absorvida pela amostra, precisamos comparar a quantidade inicial de luz que é aplicada a uma amostra à quantidade que a amostra transmite. Essa comparação é possível utilizando a equação 01, onde o poder radiante inicial da luz que é aplicada é representado por P_0 e o poder da luz após atravessar a amostra é dado por P (HAGE; CARR, 2012, apud DOVICH I e ZHANG, 2000; MICHAELIS, 1909).

$$T = P / P_0 \quad (01)$$

Multiplicando a Transmitância por 100, obtemos o *Percentual de Transmitância* (%T), que está intimamente relacionado a ela. A Transmitância e o *Percentual de Transmitância* podem ser facilmente medidos por meio de um espectrômetro, porém os valores obtidos apresentam uma relação intrinsecamente não linear com a concentração da substância que absorve a luz. Para contornar esse problema, um termo que se relaciona melhor com essa concentração é utilizado, a Absorbância (A). A **Absorbância** é uma medida da absorção que se calcula usando-se o logaritmo na base 10 da transmitância, conforme a equação 02 (HAGE; CARR, 2012, apud DOVICH; ZHANG, 2000; MICHAELIS, 1909).

$$A = -\log(T) = -\log(P / P_0)$$

$$\text{ou} \quad (02)$$

$$T = 10^{-A}$$

Assim como a Transmitância, a absorbância é adimensional e, em alguns recursos mais antigos, a absorbância é conhecida como a “densidade ótica” da amostra (HAGE; CARR, 2012).

7.6. Lei de Lambert-Beer

A absorbância de uma amostra homogênea pode ser relacionada à concentração de um componente absorvente diluído por uma expressão chamada de ‘lei de Lambert-Beer’ ou **lei de Beer**, conforme a equação 03 (HAGE; CARR, 2012, apud HARDY, 1905; JORGENSON e LUKACS, 1981).

$$A = \varepsilon b C \quad (03)$$

Esta lei é útil para as análises químicas pois fornece uma relação linear entre a absorbância medida A (ou Abs) de um analito e sua concentração C. O termo C representa a concentração molar da espécie absorvente (em unidades de M, ou mol/L). O termo b representa o *caminho ótico*, ou a distância que a luz deve percorrer através da amostra (em unidades de cm), e o termo ε é a **absortividade molar** (com unidades de L/mol.cm). Esta absortividade é uma constante de proporcionalidade, e terá um valor que depende do

comprimento de onda de luz utilizado, das propriedades da espécie absorvente e do meio em que a mesma se encontra (HAGE; CARR, 2012).

A vantagem do uso da lei de Beer é a possibilidade de relacionar a concentração com a absorção de luz para qualquer tipo de luz. Porém, deve-se considerar que existem várias limitações as circunstâncias de sua utilização. Tal lei possui pressupostos de uso, listados no quadro 01 (HAGE; CARR, 2012, apud HARDY, 1905).

Suposições Importantes na lei de Beer

1. Todas as espécies absorventes agem de forma independente entre si;
2. A luz que é utilizada na medição de absorbância é “monocromática”;
3. Todos os raios de luz detectados que passam através da amostra têm a mesma distância de percurso;
4. A concentração de espécies absorventes é constante ao longo do caminho ótico da amostra;
5. A luz usada para medir a absorbância não se espalha pela amostra;
6. A quantidade de luz que entra na amostra não é grande o suficiente para causar a saturação das espécies absorventes na amostra.

QUADRO 01 - Suposições Importantes na lei de Beer.

FONTE: HAGE; CARR, 2012, apud HARDY, 1905.

7.7. Corantes

Os corantes são característicos de utilização em indústrias têxteis, alimentícias, fabricação de papel e de cosméticos. Os corantes de indústrias têxteis, são considerados perigosos devido sua toxicidade e por ser pouco degradável (PEIXOTO, 2013).

A classificação dos corantes têxteis se dá de acordo com sua estrutura química ou com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil (FLECK, 2012). Os principais grupos de corantes são: os reativos, os diretos, azóicos, ácidos e dispersivos.

7.7.1. Corantes Reativos

São utilizados principalmente em fibras celulósicas. Possuem um grupo eletrofilico (reativo), capaz de formar ligações às hidroxilas presente na fibra de celulose e também com grupos amino presente nas poliamidas. Apresentam uma alta solubilidade em água e o estabelecimento de ligações covalentes entre o corante e a fibra, conferindo a estabilidade na cor do tecido tingido (SOUZA, 2006).

7.7.2. Corantes Diretos

São solúveis em água e também são capazes de tingir fibras de celulose, mas através de interações do tipo Van der Waals. A utilização de um eletrólito aumenta a afinidade do corante pelo substrato. A forma plana de configuração da molécula do corante ou a dupla-ligação conjugada, propõe o aumento da adsorção do corante sobre a fibra. A utilização desse grupo de corantes se torna vantajosa pois possuem alto grau de exaustão durante a aplicação o que implica na diminuição do conteúdo residual do corante nos efluentes (SOUZA, 2006).

7.7.3. Corantes Azóicos

São insolúveis em água, e são sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento. Por utilizar um sistema de produção do corante diretamente sobre a fibra, o método de tingimento de fibras celulósicas tem alto padrão de fixação e alta resistência contra luz e umidade (SOUZA, 2006).

7.7.4. Corantes Ácidos

São corantes iônicos com presença de grupos sulfônicos, e por ser ionizável torna o corante solúvel em água, sendo assim um grupo de corantes de grande importância no método de aplicação do corante na fibra têxtil. Fornecem uma ampla faixa de coloração e grau de fixação (SOUZA, 2006).

7.7.5. Corantes Dispersivos

São insolúveis em água e são aplicados à fibra celulósica e a outras fibras hidrofóbicas por um processo de suspensão. No processo, o corante sofre hidrólise e a forma que era insolúvel precipita lentamente na forma dispersa sobre o substrato. Seu grau de

solubilidade deve ser pequeno pois influencia diretamente no processo de fixação à fibra (SOUZA, 2006).

7.8. Azul de Metileno

O azul de metileno é um corante orgânico catiônico bastante utilizado em estudos de adsorção, pois sua molécula se apresenta como um modelo para os demais corantes. É um corante aromático heterocíclico que pode ser dissolvido em água e em álcool. Não é muito tóxico e absorve luz na região do UV-Visível de $\lambda_{\text{máx}} = 664\text{nm}$ em água (LIMA et al., 2004), a Figura 04 mostra a estrutura molecular do azul de metileno.

FIGURA 04 - Estrutura molecular do corante azul de metileno.



FONTE: MERCK MILLIPORE (2014).

Por ser um corante básico é solúvel em água e produz assim cátions coloridos em solução. Outra característica desse tipo de corante, é sua atividade biológica exercida na utilização em medicamentos como antissépticos (GUARATINI; ZANONI, 2000).

É aplicado na produção de papel, poliésteres, nylons entre outros. Na indústria têxtil é aplicado no tingimento de seda, lã e algodão, e em sua composição está a estrutura da fenotiazina, estrutura característica estrutural de antihistamínicos e antipsicóticos (FABRÍCIO, 2010).

O azul de metileno, pelas características apresentadas, se torna um resíduo de difícil tratamento, e por ser catiônico, apresenta alta reatividade capacitando sua reação com quase qualquer substrato (POGGERE, 2011).

7.9. *Sechium edule* e seu caule

O *Sechium edule* (chuchuzeiro) é um vegetal da família das Cucurbitáceas (cucurbitaceae), sendo originária do México e da América Central. Para o seu desenvolvimento ótimo, o chuchuzeiro deve ter em seu processo de crescimento temperaturas que variam entre 18°C e 27°C, sendo as temperaturas variáveis de acordo com o estágio do crescimento. A *S. edule* também é um vegetal que exige bastante iluminação solar, cerca de 12h de exposição por dia para o desenvolvimento ótimo (FAYAD, 2013).

Tendo no Brasil sua maior produção mundial e sendo seu fruto o décimo vegetal mais vendido em território nacional, a *S. edule* tem importantes valores nutricionais, “se destaca como fonte de aminoácidos, potássio e de vitaminas A, C e do complexo B” (FAYAD, 2013).

O caule da *S. edule* é do tipo sarmentoso ou prostrado, o que significa que é um caule que se prende ao solo por um ponto único e cresce rastejando. Outra importante característica deste caule é a de que na presença de suporte, o caule sarmentoso torna-se trepador, o que é no caso da *S. edule* muito aplicado no cultivo (USP, 2002).

8. METODOLOGIA

8.1. Adsorbato

O adsorbato azul de metileno, será preparado a partir de uma solução 1×10^{-2} mol.L⁻¹ com grau analítico (P.A.) encontrada no laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul.

Na análise dos resultados, elaboraremos a isoterma de adsorção a partir do efeito da concentração inicial na capacidade máxima de adsorção, onde serão preparadas soluções diluídas em diferentes concentrações, sendo elas: 1×10^{-3} , 5×10^{-4} , 1×10^{-4} , 5×10^{-5} , 1×10^{-5} mol.L⁻¹ (DOMINGOS et al, 2013). A Tabela 01 representa as soluções do azul de metileno.

TABELA 01: Soluções do corante azul de metileno que serão utilizados no experimento.

Solução	Massa de Corante (g)	Volume de água destilada (mL)	Concentração (Mol.L ⁻¹)	Concentração (g.L ⁻¹)
1	0,000159925	50	0,00001	0,0031985
2	0,000799625	50	0,00005	0,0159925
3	0,00159925	50	0,0001	0,031985
4	0,00799625	50	0,0005	0,159925
5	0,0159925	50	0,001	0,31985

8.2. Adsorvente

Serão recolhidos, para preparação das amostras utilizadas na pesquisa, folhas e caule de *Sechium edule* que já tenha frutificado. As folhas e caule ficarão expostos ao sol

durante cerca de uma semana, para secagem natural dos mesmos. Para a preparação das amostras que constituirão os processos de adsorção, serão utilizados diferentes processos.

Para a amostra *in natura*, trituraremos as folhas e o caule do *Sechium edule* separadamente, em pequenos pedaços para aumentar a área de contato que adsorverá a solução do corante azul de metileno melhorando o processo de adsorção. (PIRES, 2008 apud DADALTO & FULIN, 2001). A trituração será feita em liquidificador comum e procurará obter partículas com os menores tamanhos possíveis.

A amostra de cinzas que será utilizada na adsorção, será preparada de acordo com o método utilizado para determinação de porcentagem de material inorgânico (teor de cinzas) que segue a norma TAPPI T211 om-85 (MACHADO, 2000) adaptado às necessidades da pesquisa. Será colocado 5g de caule, e 5g das folhas do *Sechium edule* triturado em cadinhos que serão levados a mufla aquecida em 600°C durante 4 horas. Ao ser retirado da mufla, o material será levado ao dessecador para resfriar e, posteriormente, ser usado na adsorção.

Assim, prepararemos quatro amostras a serem usadas na pesquisa, sendo elas:

- Amostra 1: Folhagem do *Sechium edule in natura* triturada;
- Amostra 2: Caule do *Sechium edule in natura* triturado;
- Amostra 3: Folhas e caule do *Sechium edule in natura* triturados constituindo 50% da amostra cada um;
- Amostra 4: Cinzas das folhas e caule do *Sechium edule*.

8.3. Ensaio laboratoriais

Primeiramente mediremos em espectrofotômetro a absorvância de concentrações conhecidas do azul de metileno, e a partir dessas medições estabeleceremos a curva analítica da absorvância em função da concentração do corante, onde o coeficiente angular será relacionado com a equação descrita na lei de Lambert-Beer, e representará o produto da absorvância molar pelo caminho ótico da cubeta.

Serão pesadas 1g de cada amostra que serão avolumados em erlenmeyers diferentes. Cada amostra terá cinco erlenmeyers para serem preenchidos cada um com 50 ml de uma solução de azul de metileno de concentração diferente.

Os erlenmeyers serão colocados em banho termostaticado com agitação no nível 1 à temperatura controlada de 298,15K. Quando o adsorbato entrar em contato com o adsorbato, será disparado um cronômetro que controlará a coleta das alíquotas em diferentes intervalos de tempo. Esses intervalos serão definidos dependendo do tempo gasto para atingir o equilíbrio e exigirão os testes experimentais.

As alíquotas diluídas terão sua absorbância lida em espectrofotômetro de UV-visível (FEMTO CIRRUS 80) em um comprimento de onda de 665nm, essa leitura, além de outros dados, nos indicará quando a solução estiver no equilíbrio químico. Também será realizada a leitura das soluções iniciais, antes de entrarem em contato com o adsorbente.

8.3. Tratamento dos Dados

Primeiramente plotaremos o gráfico, absorbância vs concentração com a utilização dos dados obtidos pela medição da absorbância de concentrações conhecidas do azul de metileno, e relacionaremos seu coeficiente angular com a equação descrita na lei de Lambert –Beer. Uma vez que o produto da absorvidade molar pelo caminho ótico da cubeta representa o coeficiente angular da variante x (Concentração) na equação, o coeficiente angular obtido no gráfico anteriormente descrito, servirá como base para a determinação das concentrações desconhecidas de corante que obteremos, tendo apenas dados de absorbância.

Depois de obtido o coeficiente angular, serão construídos gráficos para cada solução de corante expostas ao adsorbente, relacionando sua Absorbância (medida no espectrofotômetro a partir das alíquotas retiradas da reação de adsorção), com o tempo em que as respectivas alíquotas foram retiradas da reação. Com a utilização do coeficiente angular, serão obtidos dados das concentrações de corante adsorvidas, que serão plotados no gráfico Absorbância vs Concentração, e estas concentrações serão relacionadas ao tempo em que as alíquotas foram retiradas da reação e plotadas em outro gráfico de relação Concentração vs Tempo.

O gráfico da Concentração vs Tempo dará a concentração em equilíbrio (C_e) para cada solução, que será relacionada em um último gráfico com o Q_e , que o número de mols de

corante adsorvido, sobre a massa do adsorvente, ou seja, o Q_e relaciona a quantidade máxima de corante que cada grama do adsorvente pode adsorver.

9. CRONOGRAMA

	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Aprofundamento da revisão bibliográfica	X	X	X		
Coleta de dados	X	X	X		
Análise dos dados		X	X	X	
Redação da 1ª versão do artigo científico			X	X	
Redação da versão final do artigo científico				X	
Apresentação do trabalho de conclusão do conectando saberes.					X

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Resíduos sólidos - Classificação**. NBR 10004, 31 de maio de 2004.

ALLEN, Stephen J. et al. **Comparison of optimised isotherm models for basic dye adsorption by kudzu**. *Bioresource Technology*, v. 88, p. 143-152, 2003.

ALMEIDA, R. L.; MEILI, L.; SOLETTI, J. I. e CARVALHO, S. H. V. **Estudo da adsorção do azul de metileno utilizando diversos resíduos agroindustriais como agente adsorvente**. Congresso Brasileiro sobre Adsorção, X, 2014, Guarujá - SP.

BALDISSARELLI, Vanessa Zanon. **Estudo da adsorção do corante reativo preto 5 sobre carvão ativado: caracterização do adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos**. Dissertação de mestrado em química. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

CHAKRABORTY, Sourja et al. **Adsorption Study for the Removal of a Basic Dye Experimental and Modeling**. *Chemosphere*, v. 58, p. 1079-1086, 2005.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.

COUTO, Gabriela Martucci do. **Utilização da serragem de Eucalyptus sp. na preparação de carvões ativados**. Dissertação em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras. 115p. 2009.

CUSSLER, E. L. **Diffusion: mass transfer in fluid systems**. 2nd. ed. Cambridge; New York: Cambridge University, 1997, 580p.

DOMINGOS, Caroline Maciel, et al. **Remoção do corante azul de metileno de efluentes sintéticos utilizando como material biossorvente a bainha foliar da palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*)**. IFSC Campus Jaraguá do Sul, Projeto Conectando Saberes, 2013.

FABRÍCIO, Tailena M.; et al. **Produção de Biossurfactante e Biodegradação no Cultivo de Geobacillus stearothermophilus com Corante Azul de Metileno.** V CONNEPI – Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2010.

FAYAD, Jamil Abdala; COMIN, Jucinei; BERTOL, Ildegardis. **O cultivo do chuchu.** Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). Epagri. Boletim Didático nº 94. 2013.

FLECK, Leandro. **Aplicação do controle estatístico de processos ao tratamento de um efluente têxtil por eletrofloculação.** 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/472/1/MD_COGEA_2011_2_17.pdf> Acesso em 04 de junho.

FRANCHI, José Guilherme. **A Utilização de Turfa como Adsorvente de Metais Pesados.** USP, Instituto de Geociências, Programa de Pós Graduação em Geoquímica e Geotectônica, São Paulo, 2004.

GUARATINI, Cláudia; ZANONI, Maria Valnice B. **Corantes têxteis.** Química nova, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

HAGE, David S.; CARR, James D. **Química analítica e análise quantitativa.** 1ª ed., Editora Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2012.

KAMIDA, Hélio Mitoshi et al. **Biodegradação de efluente têxtil por Pleurotus sajor-caju.** Química Nova, v. 28, n. 4, p. 629, 2005.

KEANE, M. A., **The removal of copper and nickel from aqueous solution using zeolite ion exchangers, colloids and surfaces a.** Physicochemical and Eng. Aspects, v. 138, p. 11-20, 1998.

KUNZ, Airton et al. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.** Química Nova, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LIMA, Adriana; et al. **Efeito do Solvente sobre as Propriedades Espectroscópicas do Azul de Metileno.** XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2007.

MACHADO, Gilmar de Oliveira, **Preparação e caracterização de CMC e CMC grafitizada**. Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, Ciência e Engenharia de Materiais, 2000.

MENDES, Marcus Fabiano de Almeida. **Componentes do espectrofotômetro**. 2010. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/leo/site_espec/componentes.html> Acesso em 30 de maio.

MENDES, Marcus Fabiano de Almeida. **Espectro de absorção**. 2010. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/leo/site_espec/espectrodeabsorcao.html> Acesso em 30 de maio.

MERCK MILLIPORE. **Azul de Metileno**. 2014. Disponível em: <http://www.merckmillipore.com/brazil/chemicals/azul-de-metileno-c-i-52015/MDA_CHEM-115943/p_W2Gb.s1LILYAAA EWXeEfVhTl> Acesso em 31 de Maio.

MÓDENES, Aparecido Nivaldo et al. **Utilização da macrófita egeria densa na biosorção do corante reativo 5G**. ENGEVISTA, v. 13, n. 3, 2011.

MOREIRA, Cindy Silva. **Adsorção competitiva de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

NIEDERSBERG, Carolina. **Ensaio de Adsorção com Carvão Ativado Produzido a Partir da Casca do Tungue (Aleurites fordii), Resíduo do Processo de Produção de Óleo**. Dissertação de Mestrado. UNISC, 2012.

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.

PEIXOTO, Fabia Pinho; MARINHO, Gloria; RODRIGUES, Kelly. **Corantes Têxteis: Uma Revisão**. HOLOS-ISSN 1807-1600, v. 5, p. 98-106, 2013.

PIRES, Assis André et al. **Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, nº.5, Viçosa Set./Out. 2008.

PIZA, Ana Vera de Toledo. **Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Carvões Ativados para Remoção de Diuron e Hexazinona**. Dissertação de mestrado. Universidade de Ribeirão Preto. 107 p. 2008.

POGGERE, Paula Andreia; et. al. **Azul de metileno: Propriedades e Tratamento**. In: Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica, III, 2011, Toledo - PR.

RODRIGUES, Denise Celeste Godoy de Andrade; SANTOS, Telma Temóteo dos. **Manual de práticas de processos bioquímicos: Apostila de aulas práticas**. UERJ: Rio de Janeiro, 2011. 41 p. Disponível em: <http://www.fat.uerj.br/intranet/disciplinas/Processos%20Bioquimicos/APOSTILA%20PR%20C1TICA%20DE%20PROCESSOS%20BIOQU%20CDMICOS_vers%20E3o2.pdf> Acesso em 30 de maio.

ROYER, Betina. **Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de araucaria augustifolia como biossorvente**. 2008.

SALGADO, Bruno César Barroso et al. **Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 14, p. 1-8, 2009.

SOTO, Adriana María et al. **Comparación en la decoloración del efluente proveniente de la industria textil de un municipio antioqueño empleando extracto de alcachofa con actividad peroxidasa y peróxido de hidrógeno**. Producción Más Limpia, v. 5, n. 2, 2010.

SOUZA, Claudio Roberto Lima de. **Degradação de corantes reativos e remediação de efluentes Têxteis por processos avançados envolvendo Ferro metálico**. 2006. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/6788/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Claudio%20Roberto%20Lima%20de%20Souza.pdf?sequence=1>> Acesso em 05 de Junho.

SOUZA, Magali Garcia Martins de. **Estratégias Competitivas no Setor Têxtil de Jaraguá do Sul, SC**. Trabalho de Conclusão. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2012.

USP, INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS, LICENCIATURA EM CIÊNCIAS EXATAS. **Introdução à biologia vegetal.** 2002. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlindo/materiais/morfologia_vegetal.pdf>

Acesso em 30 de maio.

WERLANG, Eliana Betina et al. **Produção de Carvão Ativado a Partir de Resíduos Vegetais.** Revista Jovens Pesquisadores, v. 3, n. 1, 2013.