

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)

Alexsandra Mayla Reguelim Schoenberger

Amanda Caroline Scoz

Eduardo Hafemann

Ian Misael Reis

Letícia Pereira

Sarha Beatriz Hernachi

EFICÁCIA E VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO
DE PAPEL APERGAMINHADO (SULFITE) CONSUMIDO NO IFSC
COMO ADSORVENTE DO CORANTE AZUL DE METILENO

Jaraguá do Sul, dezembro de 2013

Alexsandra Mayla Reguelim Schoenberger

Amanda Caroline Scoz

Eduardo Hafemann

Ian Misael Reis

Letícia Pereira

Sarha Beatriz Hernachi

**EFICÁCIA E VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO
DE PAPEL APERGAMINHADO (SULFITE) CONSUMIDO NO IFSC
COMO ADSORVENTE DO CORANTE AZUL DE METILENO**

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(a): Dr. Clodoaldo Machado

Jaraguá do Sul, dezembro de 2013

SUMÁRIO

1 TEMA.....	4
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3 PROBLEMA.....	4
4 HIPÓTESES.....	4
5 OBJETIVOS	
5.1 Objetivo geral.....	4
5.2 Objetivos específicos.....	5
6 JUSTIFICATIVA.....	5
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1 Meio ambiente e indústrias têxteis.....	6
7.2 Efluente têxtil.....	6
7.3 Sistema de tratamento de efluentes têxteis.....	8
7.4 Adsorção.....	10
7.5 Papel.....	11
7.6 Corantes e a indústria.....	13
7.6.1 Corantes naturais.....	14
7.6.2 Corantes sintéticos.....	14
8 METODOLOGIA.....	16
9 CRONOGRAMA.....	17
10 REFERÊNCIAS.....	18

PROJETO DE PESQUISA

1 TEMA

Conciliando a área de interesse do Conectando Saberes; os resultados das últimas pesquisas realizados pelo grupo; a curiosidade em conhecer o processo de remoção de corantes de efluentes através de métodos de adsorção; a preocupação atual com o meio ambiente e a necessidade constante de busca por novas tecnologias, escolheu-se o tema para esta pesquisa, qual seja: Eficácia e viabilidade da utilização de papel como material adsorvente.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Com o objetivo de realizar uma pesquisa mais objetiva, foi definido que os estudos de adsorção serão realizados pelo método de batelada. Entre os adsorventes possíveis para estudos foi escolhido testar o papel *apergaminhado* (sulfite), que é gerado como resíduo no IFSC, campus Jaraguá do Sul, averiguando sua eficácia e viabilidade. A fim de permitir comparações com outros adsorventes já testados e descritos na literatura, selecionou-se o azul de metileno como corante para os estudos.

3 PROBLEMA

É possível a utilização de papel consumido no IFSC para a adsorção de corante azul de metileno e depois realizar a reciclagem do mesmo?

4 HIPÓTESES

- A utilização do papel é viável e eficaz;
- É possível a reciclagem do papel após o processo de adsorção;
- Os resíduos de papéis gerados pelo Campus Jaraguá do Sul do IFSC poderão ser empregados em processos de dessorção, dando uma finalidade para os mesmos.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo geral:

O objetivo geral desta pesquisa é o de desenvolver um sistema de tratamento de efluentes têxteis pelo método de adsorção utilizando como adsorvente papel, testando sua viabilidade e eficácia.

5.2 Objetivos específicos:

Para se atingir o Objetivo Geral do trabalho, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudar o método de adsorção de corantes;
- Investigar a melhor forma de preparar o material adsorvente para o estudo de adsorção;
- Verificar a possibilidade de utilização de papel como adsorvente;
- Medir os parâmetros cinéticos e de equilíbrio químico de adsorção;
- Comparar os resultados obtidos com o papel com outros tipos de adsorventes.

6 JUSTIFICATIVA

A partir do século XVIII, na Inglaterra, ocorreu a Revolução Industrial, onde a produção passou de manufaturada para indústria mecânica. Esta espécie de indústria possibilitou a produção de produtos em grande escala. Quanto mais produtos eram gerados, mais resíduos e rejeitos surgiam. Diante deste fato, o meio ambiente é o mais prejudicado com todo o desenvolvimento.

Nosso país atualmente é um polo industrial, existindo inúmeras indústrias que atuam em vários setores, tendo como grande referência o setor têxtil. Santa Catarina faz parte dos estados que se destacam em produção têxtil. Jaraguá o Sul desempenha função semelhante a nível estadual, possuindo inúmeras indústrias de pequeno a grande porte trabalhando neste setor.

O desenvolvimento das indústrias têxteis tem grandes impactos ambientais, considerando que são responsáveis por geração de maior parte dos resíduos das indústrias em geral. Esses resíduos por si, que em grande parte são efluentes coloridos, se despejados em locais inapropriados, como rios e riachos, ocasionam uma série de danos ambientais.

Por estes motivos é de extrema importância o desenvolvimento de novas tecnologias, que tenham como objetivo tratar essa espécie de resíduo, o efluente. Atualmente, existem formas de tratamento de efluentes que tem como intenção torná-lo menos danoso ao meio ambiente, retirando parte de sua coloração, que é altamente prejudicial.

Uma destas formas de tratamento é através do método de adsorção, que vem sendo continuamente estudado por vários autores nos últimos anos, mostrando-se uma técnica eficaz e viável em alguns casos.

A adsorção pode ser feita com diversos materiais sólidos, mas nem todos são eficientes e viáveis ao mesmo tempo, sendo necessário estudar outros materiais além dos que

já foram estudados com objetivo de serem usados como adsorventes. Um desses novos materiais seria o papel, pois é um resíduo de baixo custo, e tendo como diferenciação de outros adsorventes a possibilidade de reutilização após o processo, que neste caso seria a reciclagem, dependendo do corante utilizado.

Quanto maior o aprofundamento nesta área, maior a possibilidade de uma maior abrangência do método de tratamento, pois uma maior gama de adsorventes estudados resulta em um maior número de escolhas para tratar um efluente contaminado por certa espécie de corante, tornando o método cada vez mais acessível e eficiente para as diversas espécies de corantes utilizadas pela indústria têxtil.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1. Meio ambiente e indústria têxteis

A indústria têxtil tem um dos processos industriais mais poluentes e que utiliza uma quantidade grande de água durante o tingimento. Nesses processos, são utilizados corantes que, se descartados sem o devido tratamento, causam muitos problemas ambientais, tais como desqualificação da água para consumo, eutrofização, etc. Pelo menos 20% dos corantes têxteis no país são descartados em efluentes (CARNEIRO e ZANONI, 2001). Nesse caso, entra a preocupação com o tratamento que deve ser aplicado aos mesmos. O estado de Santa Catarina é o segundo maior polo têxtil em volume de produção do Brasil, respondendo por aproximadamente 26% do valor da transformação industrial catarinense (IBGE, 2005). Por tal motivo, deve-se ter uma preocupação maior com os resíduos químicos destas empresas, e principalmente o setor de tinturaria da empresa, se a mesma tiver, pois este tem grande parcela nesta poluição.

7.2. Efluente têxtil

As indústrias têxteis são responsáveis pela maior parte dos despejos gerados nas indústrias em geral. Os que tem forma aquosa, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, são denominados efluentes, que caracterizam os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos. No caso do efluente têxtil., consiste na água utilizada para os processos de beneficiamento da fibra, que ao final, esta contaminada pelos produtos químicos utilizados ao qual entrou em contato e também grande concentração de corantes que não se fixaram a fibra. Essa água, depois do seu uso, se torna inutilizável, e seu destino deve ser um tratamento adequado, para que possa ser devolvido ao meio ambiente

sem impactos ambientais negativos. O descarte incorreto de efluentes têxteis no meio ambiente traz enormes prejuízos, tanto aos animais e plantas quanto aos seres humanos. As substâncias que estão solubilizadas no efluente, se sofrerem catalise por enzimas específicas, podem gerar substâncias mutagênicas e cancerígenas (CARNEIRO E ZANONI, 2001). O lançamento de efluentes contendo corantes no meio aquático, interfere na absorção da luz pelos organismos ali existentes, alterando a atividade fotossintética, causando distúrbios no ecossistema, além de problemas estéticos, pois mesmo em concentrações baixas como 1 mg L^{-1} pode ser visível (ALMEIDA, ASSALIN, ROSA E DURAN, 2004). Esses compostos podem ficar até 50 anos em ambientes aquáticos (CARNEIRO E ZANONI, 2001), portanto, devem ser devidamente tratados antes de serem finalmente descartados.

Para tanto, foi determinada pelo Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, na Resolução No 430, de 13 de maio de 2011, condições e padrões de lançamento de efluentes (esta resolução complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005). No capítulo II, seção II, Art. 16 da Resolução No 430, e no capítulo III, seção II, Art. 14 da Resolução No 357, são ditas as condições e padrões que devem ser respeitados para o descarte dos resíduos:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura inferior a 40°C , sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não devesse exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis, até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis, assim como espumas não naturais, deverão estar virtualmente ausentes (não podendo ser percebido pelo olfato ou visão);
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- Óleos e graxas:
 - Óleos minerais até 20 mg/L ;
 - Óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L ;
- Ausência de materiais flutuantes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de

autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento as metas do enquadramento do corpo receptor;

- Substâncias que comuniquem gosto ou odor devem estar virtualmente ausentes;
- Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

Esses efluentes devem ser tratados corretamente de acordo com as normas adequadas, e para isso, são utilizados vários tipos de tratamento.

7.3. Sistemas de tratamento de efluentes têxteis

Existem três etapas de tratamento, são elas: Primárias, secundárias e terciárias. No presente trabalho, será discutido somente as etapas primárias e secundárias, pois os tratamentos terciários são raramente encontrados no Brasil devido o alto custo.

Os tratamentos primários são responsáveis por retirar uma parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica, ou seja, os sólidos grosseiros. Porém não retiram toda a matéria orgânica e ainda deixam uma alta demanda biológica de oxigênio. Os tratamentos secundários removem o que o tratamento primário não conseguiu remover e limpam a água.

Para a escolha de qual tratamento utilizar, é necessária uma análise das características do efluente, de qual qualidade e requerida no final do tratamento, a viabilidade, área disponível e tecnologia adequada (Tabela 1).

Tabela 1 – Processos de tratamento de efluentes

Tratamento	Tipo de processo	Operações unitárias
Primário	Físico	Equalização Sedimentação Gradeamento Flotação
	Químico	Neutralização Sedimentação
Secundário	Biológico	Lodos ativados Filtros biológicos Lagoas de estabilização
	Físico/Químico	Carvão ativado

(Fonte: Peres e Abrahão, 1998)

Gradeamento: O gradeamento é responsável pela remoção dos sólidos grosseiros e em suspensão.

Equalização: A equalização prepara o efluente para os processos de tratamento posterior, sendo diminuição ou controle das variações na vazão e concentração do efluente.

Neutralização: Ajuste do pH. Geralmente os efluentes têxteis têm o pH de 5 a 12, causado por conta da natureza ácida dos corantes e alcalina das águas de lavagem, porém, em geral, o pH é alcalino. Esse ajuste pode ser obtido com o hidróxido de sódio em solução aquosa, ácido sulfúrico concentrado ou dióxido de carbono.

Tratamento físico-químico: O tratamento físico-químico, resumidamente, é utilizado para remover o material coloidal, matéria orgânica, cor, turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos, também podendo eliminar alguns corantes dispersos.

Sedimentação: É a deposição das partículas por gravidade. Dessa forma as partículas ficam mais densas do que a água e são coletadas na forma de lodo concentrado.

Flotação: A floculação separa sólidos em suspensão, auxiliada pela pressurização do efluente, dessa forma permitindo a liberação de bolhas que se agregaram ao material trazendo para superfície, e assim retirados por raspadores superficiais do lodo.

Tratamento biológico: Neste tratamento, a matéria orgânica é dissolvida em parte da matéria inorgânica, nitrogênio e fósforo, em conjunto com os sólidos em suspensão. São retirados pela ação de microrganismos, podendo ocorrer de duas formas, aeróbia ou anaeróbia.

Lodos ativados: São massas ativas de microrganismos formados pela aeração de águas residuárias. O lodo ativado é posto em contato com a matéria orgânica de um efluente em um tanque que contenha oxigênio, conseguido através de aeração mecanizada. Os microrganismos estabilizam aerobicamente a matéria orgânica e crescem, e após isso, em um decantador, acontece a floculação e a separação sólido/liquido.

Filtros biológicos: Tem o mesmo princípio do lodo ativado. No sistema de lodos ativados, a população microbiana (lodo) fica suspensa, já nos filtros biológicos, ela se encontra fixa em um suporte.

Lagoas de estabilização fotossintética: Nesse tratamento o oxigênio, é fornecido pela aeração natural e pela ação fotossintética das algas. As bactérias utilizam esse oxigênio na degradação aeróbia da matéria orgânica.

Dentre os tratamentos mais promissores, destaca-se a adsorção, por utilizar matéria-prima acessível e por ser eficiente na remoção da coloração presente no efluente.

7.4. Adsorção

A adsorção é um processo de remoção seletiva de um componente ou impureza em solução, caracterizada pela adesão de partículas de um fluido a uma superfície sólida.

Na indústria têxtil, a adsorção é geralmente utilizada para a descoloração de efluentes têxteis contaminados com corante. Nesse processo, a substância adsorvida, ou seja, o efluente contendo corante é denominado adsorbato; e a substância que adsorve, ou seja, que agrega as partículas do corante em sua superfície é o adsorvente (BALDISSARELLI, 2006).

Adsorventes são materiais geralmente porosos que possuem capacidade de adsorver substâncias. Existem vários tipos de adsorventes, porém os mais utilizados são os de baixo custo, ou seja, materiais encontrados em abundância na natureza ou derivado de resíduos industriais. Para definir a eficácia de um adsorvente, deve-se observar os seguintes requisitos: eficiência na remoção de uma vasta gama de corantes; elevada capacidade de adsorção; adsorção rápida; alta seletividade para diferentes concentrações de corante e tolerância a uma vasta gama de parâmetros de águas residuais (CRINI, 2005).

A adsorção possui muitas vantagens sobre outros métodos. Dentre essas, podemos citar o fato da adsorção ser um processo relativamente simples, fácil de ser operado, possuir baixo custo, se comparado a outros métodos, devido a pouca ou nenhuma necessidade de energia externa, promover a remoção completa de corantes, tanto de soluções diluídas como de soluções concentradas e a possibilidade de biodegradação do adsorvente, dependendo do material utilizado (BALDISSARELLI, 2006).

O processo de adsorção se baseia na transferência das moléculas da fase líquida para o adsorvente, cujo processo consiste em três etapas. Na primeira etapa, as moléculas da solução são transferidas para a superfície externa das partículas do adsorvente. Na segunda etapa, as moléculas se dirigem da superfície em direção ao centro do adsorvente, através dos poros. Na terceira e última etapa, há a adsorção na superfície interna da partícula, onde podem ocorrer diferentes mecanismos de adsorção (BALDISSARELLI, 2006).

Ha dois tipos de adsorção: a química (quimissorção) e a física (fisissorção). Na quimissorção, ocorre uma reação química, onde uma molécula da superfície do adsorvente forma apenas uma ligação química com a substância adsorvida, formando uma camada de substância adsorvida na superfície do adsorvente. Esse processo é irreversível, pois modifica a estrutura da substância. Na fisissorção, não há formação de ligações químicas, e sim a atuação de forças fracas entre as moléculas, como por exemplo, ligações de Van der Waals, podendo também haver várias camadas de moléculas adsorvidas. A adsorção física geralmente ocorre

em temperaturas próximas ou abaixo do ponto de ebulição do meio de adsorção (MURANAKA, 2010). É possível reverter esse processo, ou seja, fazer a dessorção dos compostos. A dessorção pode ser feita na mesma temperatura em que foi procedida a adsorção, porém, se elevarmos a temperatura, haverá mais energia para as moléculas adsorvidas serem dessorvidas. Nesse caso, o processo será mais rápido e eficiente, pois haverá a dessorção total das moléculas. A quimissorção é um processo mais energético que a fisissorção, pois sua energia de adsorção está compreendida entre 50 e 200 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, enquanto a energia de adsorção da fisissorção está entre 10 e 50 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (MURANAKA, 2010).

Um fator fundamental na adsorção é a porosidade do material adsorvente. A quantidade e o tamanho dos poros interferem no volume da substância adsorvida e na qualidade da fixação desta no adsorvente. Outros fatores que tem influência sobre esse processo são: a temperatura; pH; pressão; tipo de adsorbato e adsorvente e a interação entre eles; área e tamanho da partícula do adsorvente, bem como sua porosidade, como citado anteriormente; tempo de contato entre as substâncias; presença de outras substâncias, entre outros. Porém, a intensidade da adsorção de um corante depende principalmente das características do adsorbato, como a concentração, polaridade, estrutura do corante, grupo cromóforo, entre outros (BALDISSARELLI, 2006).

Existem vários adsorventes já estudados que constam na literatura. Segundo estudos previamente realizados, um produto que cumpre os pré-requisitos para ser utilizado como adsorvente é o papel, por ser abundante e gerado em grande escala como resíduo em indústrias e comércio.

7.5. Papel

O papel é um depósito aquoso de fibras vegetais em forma de folha. Estas fibras vegetais são formadas, essencialmente, por celulose, oriunda principalmente da madeira (BAJAY, BERNI e LIMA, 2005). É um dos produtos mais consumidos no mundo, sendo utilizado há séculos e que hoje se tornou um produto indispensável.

Os papéis de impressão e escrever são a segunda categoria de papel mais produzida e consumida, participando, em 2012, com cerca de 27% da produção total de papel. Possui vários outros subgrupos dentro de si como apergaminhado, *couché*, apergaminhado, etc. O uso de cada tipo depende da sua utilização. Escolhemos utilizar o papel de impressão para o estudo sobre adsorção, mais precisamente o papel apergaminhado, que está uma subcategoria da categoria de papéis de impressão.

Segundo a BRACELPA, 2012, o papel apergaminhado é o papel de impressão, com ou sem revestimento. Tem boa colagem interna e superficial e gramatura específica para o processo apergaminhado, que exige elevada rigidez e resistência, inclusive a água e a umidade.

Cada categoria e subcategoria de papel possui uma composição diferente, e tem como ingrediente principal a pasta celulosa, provinda do processo *Kraft*. Porém as características físicas e químicas são alteradas conforme as matérias-primas usadas para a produção dos diversos papéis, por tais circunstâncias se torna necessário o conhecimento da composição do material trabalhado, o apergaminhado.

Segundo a INTERNATIONAL PAPER DO BRASIL LTDA, 2004, a composição das matérias-primas utilizadas em sua produção de papel apergaminhado consiste em:

- 78,5% de fibras de eucalipto, obtidas através do processo Sulfato (*Kraft*);
- 10,5% de cinzas (carga mineral);
- 2% de aditivos (por exemplo: cola, alvejante óptico etc);
- 4% de amido de cobertura;
- 5% de umidade relativa (este ponto consiste em dizer o quanto de água tem no produto).

O amido de cobertura é um hidrocarboneto abundante na vida vegetal, cuja em forma pura se apresenta em forma de pó branco com uma certa granulagem que varia conforme o local em que é obtido o material. Sua principal função na fabricação de papel apergaminhado é aumentar a retenção da carga mineral e dar ao papel melhores características de toque e brilho.

Os aditivos é nome genérico dado a todos os materiais não fibrosos adicionados a massa durante a sua preparação. Os principais são: cola, caolim, sulfato de alumínio, alvejante óptico, etc. São utilizados com intuito de melhorar as propriedades finais do papel como diminuir a rugosidade superficial do papel aumentando a uniformidade da distribuição de tinta na impressão.

As cinzas, mais precisamente a carga mineral, são materiais relativamente insolúveis, de origem mineral, todos em forma de pó, ou seja, possuindo granulagem, por exemplo o carbonato de cálcio, talco, dióxido de titânio, etc. Essa carga mineral é adicionado a mais durante a fabricação do papel tendo várias finalidades, como dar maior alvura, opacidade, lisura, maciez, peso e melhorar a absorção da tinta.

As fibras de eucalipto que foram obtidas através do processo *Kraft* é a principal matéria-prima para a fabricação do papel. Essas fibras vêm em forma de uma pasta celulosa, derivada de uma sequência de processos químicos que tem como objetivo extrair o máximo de celulose da madeira, removendo a maior parte da lignina.

A lignina é o terceiro componente fundamental em importância da madeira de onde que é extraída a celulose. As ligninas são a fração não-carboidrato da madeira livre de extrativos, extremamente complexas e difíceis de caracterizar. Ela compreende de 20 a 40% do peso da madeira, não ocorre sozinha na natureza e é impossível de ser removida quantitativamente da estrutura da madeira sem considerável degradação (KLOCK, 2005).

O principal constituinte do papel é a celulose. Segundo KLOCK, 2005, a celulose é o composto orgânico mais comum na natureza. Ela constitui entre 40 e 50% de quase todas as plantas. Há estimativas de que cerca de 50 bilhões de toneladas deste composto químico são produzidas por ano. A celulose está presente também em bactérias e algas, mas em pequenas proporções. Sua fórmula molecular é $C_6H_{10}O_5$. As moléculas de celulose são completamente lineares e tem forte tendência para formar pontes de hidrogênio inter e intramoleculares. Feixes de moléculas de celulose se agregam na forma de microfibrilas, e estas constroem fibrilas e estas constroem as fibras (KLOCK, 2005).

Para a obtenção a pasta celulosa no Brasil, a forma mais utilizada é o processo Kraft que, segundo GALDIANO, 2006, envolve o cozimento da madeira com uma solução contendo hidróxido e sulfeto de sódio. Sendo um processo químico que visa dissolver a lignina, preservando a resistência das fibras, obtendo-se dessa maneira uma pasta forte (Kraft significa forte em alemão), com rendimento entre 50 a 60 %. Segundo a fonte, a denominação do processo sulfato (como também é conhecido o processo Kraft) não é muito conveniente, pois se faz pensar que o agente ativo de cozimento seja o sulfato quando na realidade são o hidróxido de sódio e o sulfeto de sódio. O sulfato de sódio é a substância adicionada ao processo para suprir as perdas do ciclo de recuperação dos reagentes do cozimento.

Os adsorventes são comumente usados para retirar corantes têxteis de efluentes industriais. A espécie de corante influencia no processo de adsorção, sendo de suma importância o conhecimento de suas características.

7.6 Corantes e a indústria

Os corantes têm papel de grande importância para as indústrias têxteis. Em geral, os corantes que são utilizados por ela apresentam baixa toxicidade. No entanto, as descargas

diárias destes resíduos podem provocar sérios problemas de contaminação nos corpos receptores, em função da forte coloração e da formação de espécies reconhecidamente tóxicas durante os processos naturais de degradação.

A indústria utiliza aproximadamente dez mil diferentes tipos de corantes, sendo que alguns desses são altamente perigosos. A cor presente nos corantes é devida às ligações azo e a presença de cromóforos. A fixação da cor ocorre primeiramente quando os corantes são absorvidos dentro da celulose e posteriormente reagem com a fibra, por ligações covalentes, da qual é muito resistente, favorecendo o interesse da fabricação dos mesmos.

Sendo que de acordo com a sua origem, os corantes podem ser naturais ou sintéticos.

7.6.1 Corantes Naturais

Os corantes naturais provêm de animais, plantas ou minerais e podem se dividir em corantes vegetais, como a alizarina, o índigo e a clorofila, em corantes minerais inorgânicos e em corantes animais, como a conchinha, a púrpura, a hemoglobina e os pigmentos da pele.

7.6.2 Corantes Sintéticos

Os corantes sintéticos apresentam uma composição química semelhante à dos corantes naturais, mas são obtidos em instalações industriais. Entre eles se destacam os corantes azoicos, corantes do indantreno, da tiazina, as cianinas e os corantes do trifenilmetano. Geralmente, os corantes são caracterizados por dois grupos principais. Um deles é o grupo cromóforo, sendo que ele é responsável pela cor, e o outro é o grupo funcional que permite a fixação nas fibras do tecido. (VASQUES, 2008). Os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química, ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado a fibra têxtil. (CERQUEIRA, 2006).

Corantes Reativos: São corantes utilizados principalmente em fibras celulósicas, e eles possuem um grupo eletrofílico, ou seja, reativo, que são capazes de formar ligações covalentes com os grupos de hidroxila da celulose e também com os grupos amino das poliamidas.

Corantes Diretos: Estes corantes se caracterizam como compostos que são solúveis em água sendo capazes de tingir as fibras da celulose, como o algodão e viscose, através de interações de Van der Waals.

Corantes Azoicos: São compostos coloridos, insolúveis em água, que em geral, possuem o grupo azo. A reação do aço nitroso com uma anilina origina o íon diozônio,

que rapidamente reage com outras anilinas ou fenóis originando a formação de compostos azoicos (DEL MONEGO, 2007).

Corantes Ácidos: O termo corante ácido corresponde a um grande grupo de corantes aniônicos portadores de um dos três grupos sulfônicos. Em geral, são corantes solúveis em água, com grande importância em fibras proteicas e poliamida sintética (SOUZA e ROSADO, 2009).

Corantes a Cuba: Eles são aplicados praticamente insolúveis em água, porém durante o processo de tintura eles são reduzidos com ditionito, em solução alcalina, se transformando em um composto solúvel. Posteriormente a subsequente oxidação pelo ar, o peróxido de hidrogênio se regenera a forma original do corante sobre a fibra (GUARATINI, ZANONI, 1999).

Corantes de Enxofre: Essa é uma classe de corantes que após a aplicação se caracterizam por compostos macromoleculares em pontes de polissulfetos, os quais são altamente insolúveis em água.

Corantes Dispersivos: Constitui uma classe de corantes insolúveis em água. Durante o processo de tintura, o corante sofre hidrólise e a forma originalmente insolúvel é lentamente precipitada na forma dispersa sobre o acetato de celulose.

Corantes Pré metalizados: Os corantes são caracterizados pela presença de um grupo hidroxila ou carboxila na posição orto em relação ao cromóforo azo, permitindo a formação de complexos com íons metálicos.

O corante Azul de Metileno (Figura 1) é muito empregado no setor têxtil, envolvendo tingimento em seda, lã e algodão. Apresenta caráter básico e pertence à classe das fenotiazinas. É orgânico, aromático, heterocíclico e solúvel em água e em álcool.

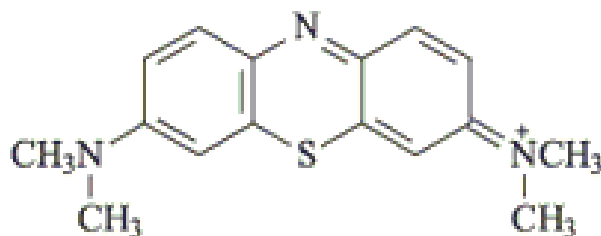


Figura 1: Estrutura do corante azul de metileno (Fonte: PEREIRA, et al, 2008)

8 METODOLOGIA

O atual projeto tem como objetivo geral desenvolver um sistema de tratamento de efluentes têxteis pelo método de adsorção utilizando papel, testando sua viabilidade e eficácia, utilizando como adsorbato o corante azul de metileno. A fim de cumprir com tal objetivo, elaborou-se a metodologia que será descrita na sequência.

Inicialmente, antes de outras ações, foi realizado um estudo sobre o método de adsorção, através de pesquisa bibliográfica. Após tal estudo, começa a parte prática, onde acontecerá a preparação das soluções de azul de metileno e do adsorvente a ser testado, ou seja, o papel.

A preparação do papel se resume no seu recolhimento e picotagem. O papel a ser utilizado é proveniente dos rejeitos do IFSC, Campus Jaraguá do Sul. Após ser recolhido, será manualmente cortado, com auxílio de tesouras, em pequenos pedaços.

Para serem feitos os estudos com o adsorvente, será necessária a preparação de soluções de azul de metileno, que serão inicialmente soluções com concentrações variadas. As diferentes concentrações são necessárias para a construção da isoterma de adsorção.

Feita a preparação do material, começa-se o experimento, colocando certa quantidade de solução em contato com uma massa menor de adsorvente, sob agitação e temperatura constante, durante um intervalo de tempo. Durante o tempo de contato adsorvente adsorbato serão retiradas alíquotas da solução e suas concentrações serão medidas por meio da espectrofotometria (UV/Vis), até se atingir o ponto de equilíbrio da adsorção. Ao fim será possível estimar a cinética química da adsorção, o tempo necessário para o sistema atingir o equilíbrio e as quantidades adsorvidas.

Após o papel atingir sua capacidade máxima de adsorção, haverá o equilíbrio da reação, onde o papel fica saturado e não terá mais espaço para adsorver o corante. Na sequência, o experimento será repetido com diferentes concentrações iniciais de corante.

A partir dos resultados obtidos pode-se construir uma isoterma de adsorção, a fim de identificar o valor máximo de adsorção por determinada massa de adsorvente. Uma isoterma de adsorção é a relação entre a quantidade retida pelo adsorvente, em mols por grama, e a concentração do adsorbato na solução, em mols por litro, após o sistema atingir o equilíbrio químico. De acordo com a curva encontrada na isoterma, pode-se obter a capacidade máxima de adsorção, e esta pode ser comparada à de outros materiais, a fim de identificar a sua eficácia e viabilidade.

9. CRONOGRAMA

Atividades	Período	Março	Abril	Maior	Junho	Julho
Aprofundamento da revisão bibliográfica		X	X	X	X	
Coleta de dados		X	X	X	X	
Análise dos dados		X	X	X	X	
Redação da 1ª versão do trabalho					X	
Redação da versão final					X	X
Apresentação do trabalho de conclusão do conectando saberes.						X

10 REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Maria L. P.; CAMARGO, Stefan R. G. de; JESUS, Carolina P. de; RUSSO, Ana Carolina. **Estudo da utilização de serragem de madeira como adsorvente para tratamento de efluentes têxteis.** FURB, REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.12, n. 2, p. 6-14, jul./dez. 2010.
- 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 para a obtenção do título de Mestre em Química. Universidade Regional de Blumenau, Departamento de Química – Programa de Pós-Graduação em Química. Blumenau/SC, Brasil, 2006.
- BASTIAN, Elza Y. O. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil /** Elaboração Elza Y. Onishi Bastian, Jorge Luiz Silva Rocco; colaboração Eduardo San Martin... [et al.]. São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL, 2009.
- BELTRAME, Leocárdia T. C. **Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento.** Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de concentração: Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais, Natal/RN, Brasil.
- CARNEIRO, Patrícia A.; ZANONI, Maria V. B. **O descarte dos corantes têxteis.** Ciência Hoje, Agosto, 2001.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Dispões sobre condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.** Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.

- COSTA, Andréa F. S. **Aplicação de tratamentos biológicos e físico-químico em efluentes e tinturaria indústrias do município de Toritana no estado de Pernambuco.** Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2008.

- FERNANDES, António C. P.; CUNHA, Diogo V. da; CRAVEIRO, Inês P. C.; PEREIRA, José R. Q. R.; GUIMARÃES, Tiago A. P. S.; SOUSA, Viviana L. de. **Adsorção de efluentes têxteis: Tratamento de efluentes da indústria têxtil por adsorção em materiais de baixo custo.** Relatório de projeto submetido a avaliação parcial da unidade curricular projeto FEUP, FEUP. Outubro de 2010.

- GALDIANO, Guilherme de Paula. **Inventário do ciclo de vida do papel apergaminhado produzido no Brasil.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2006.

- KLOCK, Umberto, MUÑIZ, Graciela I. B. de, HERNANDEZ, José A., ANDRADE, Alan S. de. **Química da Madeira.** Manual Didático. Curitiba, 2005.

- MURANAKA, Cínthia Tiemi. **Combinação de adsorção por carvão ativado com processo oxidativo avançado (poa) para tratamento de efluentes contendo fenol.** Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Engenharia. Área de Concentração: Engenharia Química. São Paulo, 2010.

- PEREIRA, Elaine et al. **Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl₃ como agente ativante.** Quím. Nova [online]. 2008, vol.31, n.6, pp. 1296-1300.

- PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. **Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis – uma primeira abordagem.** Química Têxtil, São Paulo.

- SANTOS, Simone. **Impacto ambiental causado pela indústria têxtil**. UFSC – Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPP – Centro Tecnológico – Trindade – Florianópolis Santa Catarina.
- WEBLER, Alberto D.; RICARDO, Luiz; ASSIS, Joabe R. **Caracterização e tratamento de resíduos líquidos da Indústria Têxtil**. Universidade Federal de Rondônia. Departamento de Engenharia Ambiental. Campus de Ji-Paraná. Julho, 2009.