

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – *CAMPUS* ARAQUARI

**JULIANA PATRÍCIO GOMES, MARIANE RODRIGUES GRACIANO, MILENA MELO
VIDI, VANDER LUIZ HIPOLITO MACHADO**

**REGENERAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO DA FLOR DE ABRIL (*Dillenia indica*
L.) UTILIZANDO NaOH**

**ARAQUARI/SC
2017**

**JULIANA PATRÍCIO GOMES, MARIANE RODRIGUES GRACIANO, MILENA MELO
VIDI, VANDER LUIZ HIPOLITO MACHADO**

**REGENERAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO DA FLOR DE ABRIL (*Dillenia
indica* L.) UTILIZANDO NaOH**

**Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica
Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto
Federal Catarinense – Campus Araquari como parte
complementar à matriz curricular do Curso Técnico em
Química Integrado ao Ensino Médio.**

Orientador(a): Suellen Cadorin Fernandes

**ARAQUARI/SC
2017**

RESUMO

Devido ao aumento considerável da atividade têxtil no mundo, um dos grandes problemas que vem se agravando nos últimos anos é o efluente gerado pelas indústrias, que possui alta carga de corantes têxteis que não foram fixados às malhas durante o processo de tingimento. Estes efluentes, quando lançados sem tratamento adequado, causam eutrofização do meio aquático, prejudicando os organismos vivos ali presentes. Estudos já mostram vários meios de tratamento para efluentes têxteis, e dentre eles está o carvão ativado (CA), que é baseado na adsorção dos corantes (adsorbato) pelos sítios ativos do carvão (adsorvente). O CA pode ser considerado um excelente adsorvente por sua alta porosidade que proporciona ao material uma grande área de superfície para reter as impurezas. Quando o CA perde ou diminui consideravelmente sua capacidade adsorvente, diz-se que o material está saturado, necessitando de uma regeneração para que sua atividade adsorvente prossiga. Tendo em vista a necessidade de diminuição dos custos da produção de CA e do tratamento do efluente têxtil, o presente trabalho teve como objetivos sintetizar o CA a partir do mesocarpo da flor de abril (*Dillenia indica* L.), avaliar sua capacidade adsorvente para os corantes Alaranjado Remazol e Amarelo Remazol e regenerar o carvão utilizando soluções de hidróxido de sódio. Após a realização dos experimentos o CA produzido a partir da flor de abril mostrou-se eficiente na remoção dos corantes das soluções preparadas, porém o tratamento de regeneração com soluções de NaOH não apresentou os resultados satisfatórios, provocando até uma possível degradação da estrutura do carvão.

Palavras-chave: Carvão-ativado, Corantes têxteis, Desorção, *Dillenia indica* L.

ABSTRACT

Because of the considerable increase of activity in the textile in the world, one of the major problems that has worsened in recent years is the effluent generated by the industries that has high load of textile dyes that were not fixed to the meshes during the dyeing process. These effluents when released without proper treatment, causing eutrophication of the aquatic environment, harming the living organisms present there. Studies have shown various means of treatment for effluents from the textile, and among them is the activated charcoal (AC), which is based on the adsorption of dyes (adsorbato) by the active sites of the coal (sorbent). The CA can be considered to be an excellent adsorbent due to its high porosity which gives to the material a large surface area to retain the impurities. When the CA loses or reduces considerably their ability to the adsorbent, it is said that the material is saturated, requiring regeneration for your activity adsorbent to proceed. In view of the need to decrease the costs of production CA and the treatment of the effluent of the textile, the present work had as objectives to synthesize CA from mesocarp of the flower of April (*Dillenia indica L.*), to evaluate its capacity adsorbent for dyes Orange Remazol and Yellow Remazol and regenerate the coal using solutions of sodium hydroxide. After the completion of the experiments, the AC produced from the flower of April proved to be efficient in the removal of the dyes of the prepared solutions, but the treatment of regeneration with solutions of NaOH not submitted the expected results, causing up to a possible degradation in the structure of the coal.

Keywords: Charcoal-activated, textile Dyes, Desorption, *Dillenia indica L.*

SUMÁRIO

1. TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA	5
1.1 TEMA	5
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	5
2 OBJETIVO GERAL.....	5
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 INTRODUÇÃO	6
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
5 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	11
5.1 OBTENÇÃO DO CARVÃO ATIVADO	11
5.2 EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO DOS CORANTES	11
5.2.1 Adsorção em Função do Tempo	11
5.2.2 Adsorção em Função da Massa de Adsorvente	12
5.2.3 Adsorção em Função do pH	12
5.2.4 Adsorção em Função da Temperatura	12
5.3 EXPERIMENTOS DE DESORÇÃO E READSORÇÃO.....	13
5.3.1 Dessorção do CA saturado	13
5.3.2 Readsorção utilizando CA saturado	13
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
6.1 ADSORÇÕES DOS CORANTES.....	13
6.1.1 Adsorção em função do tempo.....	13
6.1.2 Adsorção em função da massa de adsorvente.....	15
6.1.3 Adsorção em função do pH	14
6.1.4 Adsorção em função da temperatura.....	15
6.2 EXPERIMENTOS DE DESSORÇÃO.....	16
6.3 EXPERIMENTOS DE READSORÇÃO COM CA TRATADO.....	17
7 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS	19
APÊNDICE A.....	21

1. TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA

1.1 TEMA

Regeneração de carvão ativado obtido da flor de abril (*Dillenia indica* L.) utilizando soluções de NaOH.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho apresenta um estudo a respeito de um método econômico e ambientalmente viável para a dessorção e reaproveitamento do CA obtido do mesocarpo da flor de abril (*Dillenia indica* L.). Esse material é caracterizado como sendo acessível e de fácil produção podendo ser empregado na remoção de resíduos originários dos processos industriais. A análise foi feita nesse setor a fim de minimizar custos e impactos ambientais já que compostos químicos existentes na composição de determinados corantes, no momento do seu descarte, transformam-se em resíduos nocivos ao meio ambiente que contaminam o sistema hídrico.

2. OBJETIVO GERAL

Regenerar o CA produzido a partir do mesocarpo da flor de abril (*Dillenia indica* L.), saturado de corantes sintéticos de indústrias têxteis pelo método de adição de solução de NaOH.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir o carvão ativado a partir da flor de abril (*Dillenia indica* L.);
- Ativar o carvão com ácido fosfórico;
- Otimizar os parâmetros de adsorção do carvão produzido para os corantes Alaranjado Remazol e Amarelo Remazol
- Avaliar a capacidade de regeneração do CA com solução de NaOH.
- Avaliar a possibilidade de reutilização do CA para readsorção.

3. INTRODUÇÃO

Muitas indústrias, especialmente as têxteis, de alimentos, gráfica, fotográfica e de aditivos em derivados de petróleo utilizam corantes para colorir seus produtos (PICCIN et al., 2013). Estima-se que são produzidas por ano no mundo, entre 7×10^5 e 1×10^6 toneladas desses materiais artificiais e devido às baixas taxas de fixação ao longo do processamento, uma grande parcela destes é descartada nos efluentes industriais (DOTTO et al., 2011).

Sua presença nos efluentes é facilmente visualizada, pois afeta a transparência da água e reduz a capacidade de reaeração dos corpos hídricos em função da redução da penetração de luz solar e conseqüente alteração dos processos de fotossíntese (GUARATINI; ZANONI, 2000).

A molécula do corante utilizada para tingir a fibra têxtil pode ser dividida em duas partes principais: uma estrutura responsável pela fixação à fibra e outra estrutura, denominada grupo cromóforo, responsável pela coloração. Existem vários grupos cromóforos utilizados atualmente na síntese desses compostos. No entanto, o grupo comumente empregado pertence à família dos azocorantes. Estes representam cerca de 60% dos corantes utilizados no mundo (HASSEMER, 2006).

A importância desses materiais para a civilização humana é evidente porém trazem sérios malefícios ao ecossistema (PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013), levando à busca de métodos eficazes e de baixo custo para eliminá-los dos efluentes. Dentre os materiais mais empregados na remoção de poluentes do meio aquoso, destaca-se o CA que apresenta excelentes características adsorventes (CASTRO et al., 2009).

O CA é produzido a partir da desidratação de matérias-primas e carbonização seguida de ativação. O produto obtido geralmente tem uma estrutura muito porosa com grande área superficial e seus usos mais comuns são a elaboração de filtros para adsorção de gases e no tratamento de água, em que o carvão se destaca por reter nos seus poros impurezas e elementos poluentes. Ele é utilizado em diversos ramos das indústrias como: química, alimentícia, farmacêutica, medicinal, em sistemas de filtragem e no tratamento de efluentes e gases tóxicos resultantes de processos industriais (FREITAS; BUENO, 2014).

Quando o carvão ativado perde total ou parcialmente sua capacidade de adsorção, diz-se que ele está saturado. Para evitar gastos com mais material sintetizado e mais impactos ambientais no descarte destes, foram criados métodos para regenerar o adsorvente. Dentre eles, está a regeneração por adição de solução de NaOH (MACHADO, 2013).

A ética da natureza confere ao ser humano responsabilidades em relação ao meio ambiente, a preservação do mesmo mostra-se relevante para a continuidade e renovação de sistemas naturais promovendo um ambiente equilibrado e sustentável para as atuais e futuras gerações (ROLLA, 2010). Tendo em vista a necessidade de métodos para remoção de resíduos originários dos processos industriais, a diminuição de custos processuais e a diminuição do descarte de material que ainda pode ser reutilizado, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção de CA obtido do mesocarpo da Flor de Abril (*Dillenia Indica* L.) e regenerá-lo por adição de solução de NaOH após a adsorção de corantes têxteis.

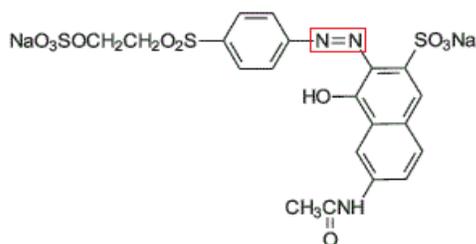
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os corantes têxteis são compostos orgânicos com estruturas moleculares complexas, formadas por um ou mais grupos cromóforos e grupos auxiliares que propiciam sua afinidade pela fibra têxtil (DURAN; MORAIS; FREIRE, 2000). Os corantes podem ser classificados quanto à estrutura química ou quanto ao método de aplicação. No sistema de classificação química, os corantes são agrupados pelas similaridades em suas características estruturais. De acordo com esta classificação, os principais grupos de corantes são os azo, nitrofenol, nitrosofenol, trifenilmetano, antraquinona, ftalocianina, vinil sulfônico, pirimidina e triazina. No sistema de classificação pelo método de aplicação, os corantes são agrupados como corantes reativos, ácidos, básicos, mordentes, pré-metalizados, diretos, dispersos e corantes de cuba (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Os corantes reativos são corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras proteicas e também com grupos amino das poliamidas. Existem numerosos tipos de corantes reativos, porém os principais contêm a função azo (-N=N-) e antraquinona (C=O) como grupos cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoetilsulfonila como grupos reativos (GUARATINI; ZANONI, 2000). Este grupo de corantes apresenta como característica uma alta solubilidade em água e o estabelecimento de uma ligação covalente entre o corante e a fibra, cuja ligação confere maior estabilidade na cor do tecido tingido quando comparado a outros tipos de corante (BANAT et al., 1996; GUARATINI; ZANONI, 2000).

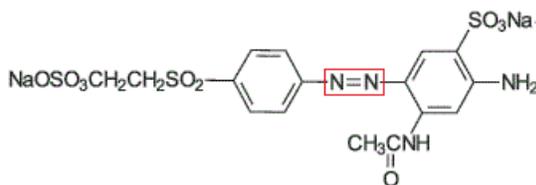
Os corantes do tipo azo, em geral, são confeccionados para resistir ao ataque aeróbio, à degradação por luz solar, à água e ao sabão; o que significa dizer que são resistentes à completa degradação no meio ambiente (GUARATINI; ZANONI, 2000). Estes ainda podem sofrer transformações, levando a formação de aminas e outros compostos intermediários com potencialidade carcinogênica, como benzidinas, *o*-dianisidina, *o*-toluidine, entre outros (GUARATINI; ZANONI, 2000). Estima-se que até 75% dos corantes tipo azo utilizados na indústria têxtil não são fixados na peça e, portanto, são descartados em efluentes (PANDEY; SINGH; IYENGAR, 2007). Os corantes Alaranjado Remazol ($C_{20}H_{17}N_3Na_2O_{11}S_3$; 617,54 g/mol) e Amarelo Remazol ($C_{16}H_{13}O_{10}S_3N_4Na_2$; 563 g/mol) pertencem à classe dos corantes reativos que contêm a função azo, apresentando boas propriedades para tingir os tecidos, especialmente seda e algodão. A alta solubilidade em água e o estabelecimento de ligações entre a fibra e o corante conferem uma boa fixação e uma maior estabilidade se comparado a outros tipos de corantes. Entretanto, são altamente resistentes à degradação microbiana e aos sistemas convencionais como, por exemplo, a degradação com ozônio (KUNZ, et al., 2002). A Figura 1 apresenta a estrutura química para o Alaranjado Remazol e a Figura 2 mostra a estrutura química para o Amarelo Remazol onde o grupo azo aparece destacado nas figuras.

Figura 1 - Estrutura molecular do corante Alaranjado Remazol



Fonte: Adaptado de CATANHO et al., (2006).

Figura 2 - Estrutura molecular do corante Amarelo Remazol



Fonte: Adaptado de CATANHO et al., (2006).

Devido às implicações ambientais citadas, novas tecnologias têm sido estudadas para a degradação ou imobilização desses compostos em efluentes têxteis. Existe um crescente interesse no uso de materiais adsorventes sólidos de baixo custo, os quais oferecem uma série de vantagens dentro da sua simplicidade, rapidez e eficiência (RUTZ et al., 2008).

A adsorção é o processo que encontra maior aplicação industrial, oferecendo um método lento, porém efetivo principalmente para volumes de pequena escala. A metodologia consiste na separação efetiva de moléculas de corantes com dimensão suficientemente grande para serem separadas do efluente (GUARATINI; ZANONI, 2000). Em alguns casos, por não se tratar de um método destrutivo, possibilita a recuperação do corante sem perda de sua identidade química (KIMURA, I.Y et al, 2000).

O CA é produzido através da queima controlada de vários tipos de materiais. Dentre eles encontra-se a madeira, hulha, lignina, casca de coco, bambu, grão de café, etc., mas com maior frequência está o eucalipto devido às suas características físico-químicas e o rápido crescimento. A queima é feita usualmente na ausência de ar entre 500°C a 800°C e nesta etapa ocorre a remoção de componentes voláteis e gases leves como, por exemplo, CO, H₂, CO₂ e CH₄. Ocorre também à formação de uma massa primária de carbono com alta porosidade e em seguida é feita a ativação do carvão. Este pode ser ativado de forma física, em que moléculas de H₂O e CO₂ se ligam fracamente ao adsorvente, não alterando suas características físicas e químicas. A ativação química consiste na impregnação do material ainda não pirolisado com agentes desidratantes, como cloreto de zinco, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, hidróxido de sódio e metais alcalinos (RODRIGUEZ; MOLINA; GONZALEZ, 1995) que por sua vez geram uma maior área de contato, aumentando o poder de adsorção. Posteriormente, ocorre a carbonização usualmente em atmosfera inerte, com temperaturas entre 400°C a 900°C (RAMOS et al., 2009).

As principais características do CA dependem da origem do precursor (vegetal, animal ou mineral) e do tipo de ativação (física ou química). A eficiência da adsorção é atribuída a diversos fatores, tais como: superfície específica, tamanho e estrutura dos poros, reatividade dos diferentes componentes do material, características do adsorvato (tamanho, massa molar e grupos funcionais das moléculas) dentre outros (MOLLETA, 2011).

O CA tem como principal característica o alto poder de adsorção de diversos contaminantes, como corantes em geral, benzeno, tolueno e xilenos, chamados de BTX (presente em vazamentos de petróleo) (TIBURTIUS et al., 2004) e muitos outros, pois a utilização do CA

varia conforme a sua ativação. Isso acaba tornando esse material adequado para alguns tratamentos, dentre os quais estão: efluentes líquidos industriais, água, purificação de óleos, clarificação de glicose, remoção de cobre em cachaça, entre outros (LIMA et al., 2006). Também é fortemente empregado na indústria farmacêutica e está presente em diversos processos tais como: aparelhos de diálise, filtros de água, galvanoplastia, suporte catalítico, etc.

A partir do momento em que o CA perde ou diminui consideravelmente sua capacidade adsorvente, diz-se que houve uma saturação do material. Para evitar desperdícios e diminuir os gastos com novo material sintetizado, vários métodos de regeneração foram criados, com a função de separar o adsorvente do adsorvato, recuperando parcialmente sua capacidade de adsorção. O método de regeneração utilizado é o que define o quanto o CA regenerado será menos eficiente que o virgem (MACHADO, 2013).

Os métodos de regeneração podem ser agrupados dentro de três classificações: térmica, química e biológica (MACHADO, 2013).

A regeneração térmica é indicada para processos em que o adsorvente é utilizado para a retirada de vários compostos de um mesmo efluente, e é baseado na volatilização e oxidação em temperaturas acima de 800°C. Dentre suas desvantagens está o gasto excessivo de energia para aquecimento e o desconhecimento da ação dos produtos volatilizados lançados pelo equipamento (MACHADO, 2013).

A regeneração química baseia-se ou na decomposição dos compostos adsorvidos por agentes químicos ou na solubilização por solventes. São duas as principais categorias de regenerantes utilizados: regenerantes químicos com poderes oxidantes e regenerantes químicos com poderes de solubilização. O hidróxido de sódio (NaOH) se encaixa na última classificação. Regeneração oxidativa catalítica, Fenton e ozonização também estão inclusos (MACHADO, 2013).

A regeneração biológica (bioregeneração) é o processo que se utiliza de microrganismos para a biodegradação da matéria orgânica adsorvida ou de reações enzimáticas (MACHADO, 2013).

Alguns outros métodos também são utilizados, porém em menor escala, como por exemplo regeneração por métodos eletroquímicos, microondas, ultrassom, irradiação com raios γ e fotoquímicos (MACHADO, 2013).

5. METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 OBTENÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

Os frutos da flor de abril foram obtidos no município de Joinville, no período de abril de 2017. Para a obtenção do carvão, foi utilizada apenas a parte que contém as fibras do material vegetal e, por isto, houve a necessidade da retirada da parte interna do fruto.

Uma massa de 60g de amostra foi adicionada em uma solução (1:1) de ácido fosfórico 85% e água destilada, contemplando um volume total de 150 mL. Este material foi mantido a 80°C por duas horas, sob agitação magnética. Em seguida, com o auxílio de um funil de Buchner e bomba a vácuo o material foi lavado com água destilada e solução de bicarbonato de sódio 1mol/L para que o pH seja estabilizado e fique mais próximo da neutralidade. Os sólidos foram deixados em estufa a 100°C por 1 hora e, posteriormente submetidos à etapa de pirólise, em 380°C, e tempo de permanência na mufla de 30 min, com taxa de aquecimento de 12°C min⁻¹. A seguir as amostras foram encaminhadas à estufa a 105°C por 1 hora para a remoção de traços de umidade. O carvão seco foi macerado até apresentar-se como um pó.

5.2 EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO DOS CORANTES

5.2.1 Adsorção em Função do Tempo

Foram realizados testes para medir a eficiência do CA produzido do mesocarpo da Flor de Abril e para adsorver os corantes amarelo remazol e alaranjado remazol. Para isso, foram utilizados 50 mL da solução de cada corante em concentração inicial de 10 mg/L, as quais foram mantidas sob agitação constante com 1g da carvão ativado em temperatura ambiente. Foram retiradas alíquotas em um intervalo de tempo entre 5 e 95 min, que foram posteriormente centrifugadas e analisadas em relação à concentração do corante na solução. Foi utilizada a espectrofotometria UV/VIS na faixa de 190nm a 1100nm. Os testes foram realizados em triplicata e a média dos valores foi utilizado.

5.2.2 Adsorção em Função da Massa de Adsorvente

Foi também analisada a influência das doses de CA com o processo de adsorção para cada solução de corante preparada. Para isso, foi construída uma isoterma de adsorção utilizando 50 mL da solução de cada corante, com concentração de 10 mg/L, que foram adicionadas em erlenmeyers contendo separadamente 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 g de CA devidamente identificados e pesados. As amostras foram mantidas sob agitação e temperatura constante no melhor tempo de adsorção dos corantes a ser apresentado no item 5.2.1. Logo após, a leitura foi feita em um espectrofotômetro, que determinou a capacidade de adsorção dos CA. Os testes foram realizados em triplicata e a média dos valores foi utilizado.

5.2.3 Adsorção em Função do pH

Para determinar o pH ideal para a adsorção máxima dos corantes foi feito um experimento utilizando 50 mL de solução de cada corante, com concentração inicial de 10 mg/L, e pH variando entre 2 a 10. Para isso, foram utilizadas soluções de NaOH 1 mol/L e HCl 20%. Posteriormente, foi adicionado 1,0 g de adsorvente em cada erlenmeyer, deixando-os em agitação constante à temperatura ambiente, por um período suficiente até que o equilíbrio seja atingido. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas e analisadas no espectrofotômetro UV/VIS. Os testes foram realizados em triplicata e a média dos valores foi utilizado.

5.2.4 Adsorção em Função da Temperatura

Para a determinação da influência da temperatura sobre o processo de adsorção foi feito um experimento utilizando-se 50 mL da solução de cada corante, com concentração inicial de 10 mg/L, contendo 1g de CA, que foram agitadas sob diferentes temperaturas: 15°C, 20°C, 30°C e 40°C. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas e analisadas no espectrofotômetro UV/VIS. Os testes foram realizados em triplicata e a média dos valores foi utilizado.

5.3 EXPERIMENTOS DE DESSORÇÃO E READSORÇÃO

5.3.1 Dessorção do CA Saturado

Foram realizados testes prévios de dessorção com água destilada, solução de HCl e solução de NaOH para verificar se a água e o ácido teriam capacidade regenerante visível. O experimento, bem como os resultados estão descritos na seção Apêndice A.

Na etapa da regeneração foi utilizada uma solução de hidróxido de sódio e os ensaios foram realizados em escala de laboratório, em erlenmeyers contendo CA saturado juntamente com a solução regenerante, NaOH. Para isso, 1 g de CA saturado com 3 soluções de cada corante foi colocado em contato com 50mL de solução de NaOH com concentração de 0,5, 1,0 e 1,5% m/m, totalizando 6 ensaios, e mantidos sob agitação por 30 min. Os ensaios foram conduzidos em duplicata para garantir a repetibilidade dos resultados. A avaliação desta etapa foi feita por leitura espectrofotométrica da solução de NaOH com o corante retirado do CA.

5.3.2 Readsorção Utilizando CA Regenerado

Após a regeneração do CA com cada concentração de solução de NaOH, foram repetidos os ensaios de adsorção utilizando 1g do CA regenerado + 50mL da solução de corante (para os dois corantes), e deixados sob agitação por 30 minutos à temperatura ambiente. Os ensaios foram feitos em duplicata e a avaliação dos resultados foi realizada com análise espectrofotométrica.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ADSORÇÕES DOS CORANTES

6.1.1 Adsorção em função do tempo

A capacidade de adsorção do CA é ligada ao tempo de contato entre adsorvente e adsorbato e das características físicas e químicas do material adsorvente. As Figuras 3 e 4

mostram a porcentagem de descoloração dos corantes alaranjado remazol e amarelo remazol com concentração de 10 mg/L em um intervalo de 15 a 60 min. Após os primeiros 25 minutos ocorre uma adsorção de aproximadamente 75% para o corante alaranjado remazol e 85% para o corante amarelo remazol, e com 45 minutos a adsorção é de aproximadamente 90% para ambos os corantes. Após os 45 minutos não ocorrem variações consideráveis na porcentagem de descoloração. Desta forma o tempo de 30 minutos foi utilizado para as análises subsequentes.

Figura 3 – Adsorção do corante Alaranjado Remazol em função do tempo.

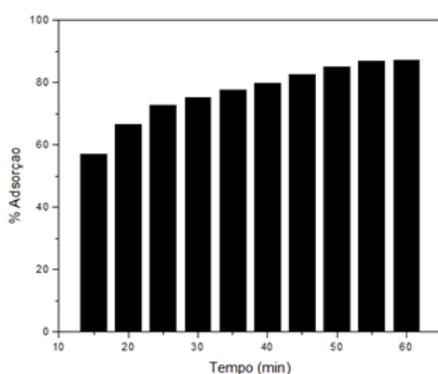
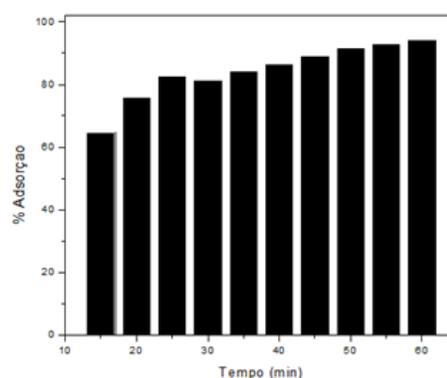


Figura 4 – Adsorção do corante Amarelo Remazol em função do tempo.



6.1.2 Adsorção em função da massa de adsorvente

A quantidade de adsorvente presente na solução pode influenciar diretamente a capacidade de adsorção, por isso, foram realizados testes variando a massa de adsorvente em 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 e 1,5 durante o melhor tempo de adsorção conforme pode ser observado nas Figuras 5 e 6. As amostras que foram expostas a 0,25; 0,05 e 0,75 g de CA apresentaram um aumento percentual de descoloração dos corantes, já as amostras que foram expostas a 1,0 e 1,5 g de CA apresentaram porcentagem de descoloração semelhantes onde não justificaria utilizar uma massa maior que 1,0g de CA.

Figura 5 – Adsorção de corante Alaranjado Remazol em função da massa de CA

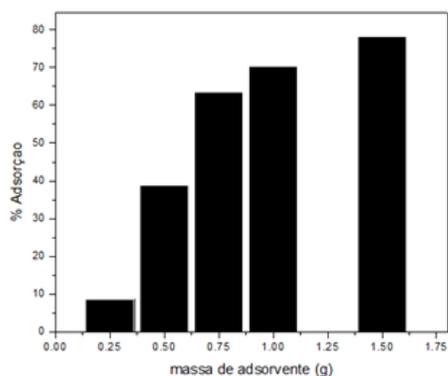
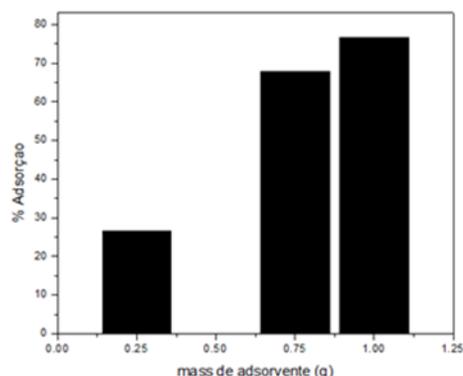


Figura 6 – Adsorção do corante Amarelo Remazol em função da massa de CA.



6.1.3 Adsorção em função do pH

Efeitos do pH inicial na porcentagem de remoção dos corantes alaranjado remazol e amarelo remazol foram avaliados em uma faixa entre 2 a 10. Na Figura 7 é observado que a porcentagem de remoção do corante tem um pequeno aumento com o aumento do pH elevando-se a 85% ao atingir pH=7, e diminuindo levemente nos pHs= 8 e 9. Na Figura 8 é observado novamente pequenas variações na porcentagem de descoloração atingindo 80% em pH mais ácido, porém a diferença na porcentagem de descoloração não justifica a correção do pH do meio.

Figura 7 – Adsorção do corante Alaranjado Remazol em função do pH.

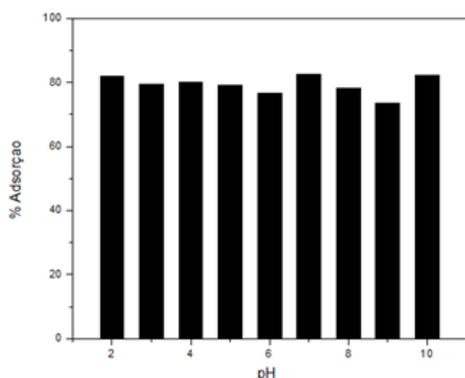
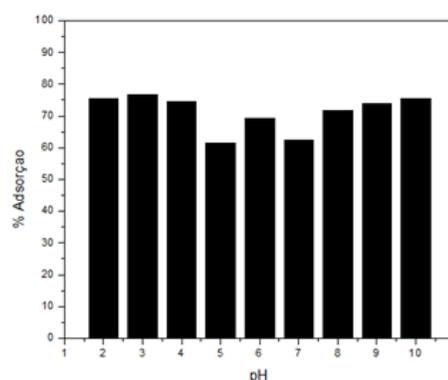


Figura 8 – Adsorção do corante Amarelo Remazol em função do pH.



6.1.4 Adsorção em função da temperatura

As Figuras 9 e 10 apresentam as variações na porcentagem de descoloração dos corantes nas temperaturas de 15, 20, 30 e 40°C para ambos os corantes. Para o corante alaranjado remazol notou-se um aumento no percentual de descoloração para a temperatura de 40°C. Para as temperaturas inferiores foi observado pouca variação na porcentagem de descoloração, ficando em torno de 70%. No entanto, para o corante amarelo remazol não houve mudanças significativas na porcentagem de descoloração em ambas as temperaturas, ficando em torno de 65%.

Figura 9 – Adsorção do corante Alaranjado Remazol em função da temperatura.

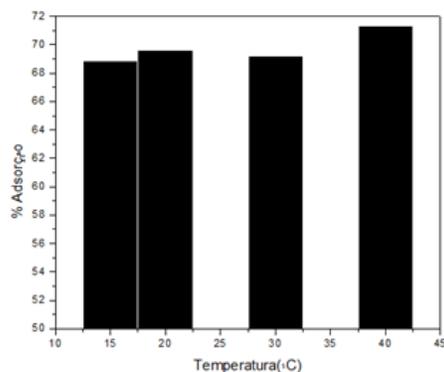
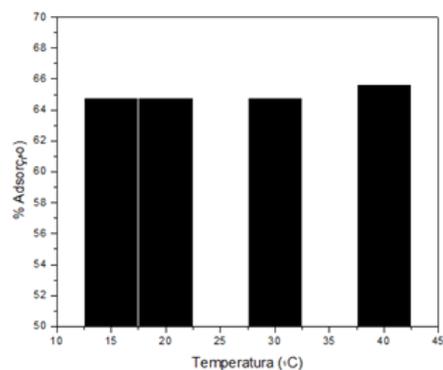


Figura 10 – Adsorção do corante Amarelo Remazol em função da temperatura.



6.2 EXPERIMENTOS DE DESSORÇÃO

Após a realização das adsorções, com os corantes amarelo e alaranjado remazol, 1 g de CA saturado foi tratado com 50mL de solução de NaOH nas concentrações 0,5% m/m para 1A e 1L (a letra “A” indica que o CA utilizado estava saturado com o corante amarelo remazol, enquanto que a letra “L” indica que o CA utilizado estava saturado com o corante alaranjado remazol), 1% m/m para 2A e 2L, 1,5% m/m para 3A e 3L e 2% m/m para as soluções 4A e 4L por 30 min sob agitação constante. Em seguida, as soluções foram filtradas obtendo o aspecto mostrado na Figura 11.

Figura 11- Filtrados obtidos após o tratamento com as soluções de NaOH.



As soluções foram analisadas em espectrofotômetro, no entanto, os resultados obtidos não foram compatíveis com o esperado. Os espectros obtidos não foram característicos dos corantes amarelo e alaranjado remazol, indicando uma possível destruição do CA e das moléculas dos corantes. Isso pode ser observado de maneira mais acentuada nas soluções 2L, 3L, 4L e 2A, 3A e 4A.

6.3 EXPERIMENTOS DE READSORÇÃO COM CA TRATADO

Após o tratamento com soluções de NaOH, o CA foi submetido a um novo processo de adsorção com a intenção de verificar sua capacidade de ser reutilizado no processo. Entretanto, como citado no item 6.2, ocorreu uma degradação do CA provocando uma mudança na sua estrutura, o que inviabilizou sua capacidade adsorvente. O resultado pode ser observado na Figura 12, que indica que além de não possuir mais capacidade de adsorção, ao ser reutilizado, pode aumentar a concentração de corante nas soluções e até contaminar com outros compostos gerados na degradação das estruturas do CA.

Figura 12 – aspecto do filtrado após a readsorção com o CA tratado com soluções de NaOH.



7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se verificar que a flor de abril apresenta-se como matéria-prima de grande potencial para a produção de carvão ativado. Por

meio dos testes de adsorção foi observado que o CA preparado com o fruto, apresentou-se tão eficiente quanto o CA comercial na remoção de corantes têxteis. Essas características tornam os CA's produzido a partir da Flor de Abril uma alternativa interessante para o tratamento de efluentes têxteis, pois apresenta boas propriedades de adsorção além de ter um baixo custo de produção, devido a matéria-prima estar disponível sem utilização e valor comercial agregado.

Após 30 min de contato com a solução de corante os percentuais de descoloração apresentam variações pouco significantes, determinando este como melhor tempo de adsorção.

A eficiência da adsorção para o corante alaranjado remazol é praticamente independente do pH do meio. Nos experimentos foi possível notar que não há interferência na eficácia da adsorção deste corante quando o CA é submetido a soluções com pHs variados. Para o corante amarelo remazol houve uma menor adsorção nos pHs 5 e 7, porém a diferença na porcentagem de descoloração não justifica a correção do pH do meio.

Há um pequeno aumento da adsorção dos corantes pelo CA quando a temperatura é elevada a 40°C, porém não foi relatado mudanças significativas no percentual de descoloração quando as amostras foram submetidas as temperaturas de 15, 20 e 30°C, indicando que a mesma não afeta de maneira considerável a adsorção.

Com os experimentos de adsorção foi possível verificar a influência da massa de material adsorvente na capacidade de adsorção dos corantes. Observou-se que as massas de 0,25, 0,5, 0,75 e 1,0g apresentaram um valor crescente de adsorção para 50 mL de solução de corante com concentração inicial de 10 mg/L. Os valores de massa superiores a 1 g apresentaram pouca variação sob os mesmos parâmetros.

O processo de dessorção com soluções de NaOH não pode ser utilizado para este tipo de carvão saturado com os corantes Alaranjado Remazol e Amarelo Remazol, pois destrói sua estrutura e sua capacidade de reutilização no mesmo processo.

REFERÊNCIAS

- BANAT, I.M. et al. Microbial process for the decolorization of textile effluent containing azo, diazo and reactive dyes. **Process Biochem**, Coleraine, v. 31, n. 5, p. 435-442, 1996.
- CASTRO, C.S et al. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de H₂O₂. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1561-1565, 2009.
- DOTTO, G.L. et al. Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: estudos de equilíbrio e termodinâmica. **Química Nova**, Rio Grande, v. 34, n. 7, p. 1193-1199, 2011.
- DURAN, N.; MORAIS, S.G.; FREIRE, R.S. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes. **Chemosphere**, Campinas, v.40, n. 4, p.369-373, 2000.
- FREITAS, L.C; BUENO, L.C.S. **Carvão Ativo: Breve Histórico e Estudo de Sua Eficiência na Retenção de Fármacos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - União das Faculdades dos Grandes Lagos, São José do Rio Preto, 2014.
- GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.
- HASSEMER, M.E.N. **Oxidação fotoquímica - UV/H₂O₂ - para degradação de poluentes em efluentes da indústria têxtil**. 2006. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
- LIMA, A.J.B. et al. Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 247-250, 2006.
- MOLLETA, N.R. **Caracterização e aplicação de carvão ativado produzido a partir de biomassa amilácea**, Paraná. 2011. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Processos Ambientais) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MACHADO, L.M . O. **Estudo da regeneração com NaOH em carvão ativado saturado utilizado no tratamento de efluentes de refinaria de petróleo.** 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PANDEY, A.; SINGH, P.; IYENGAR, L. Bacterial Decolorization and Degradation of Azo Dyes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Kampur, v. 59, n. 2, p. 73-84, 2007.

PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, Rio Grande do Norte, v.29, n.5, p. 98-106, 2013

PICCIN, J.S. **Resíduos sólidos da indústria coureira como adsorvente alternativo de corantes.** 2013. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande Do sul, Porto Alegre, 2013.

RAMOS, P.H. et al. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto,verde, adido (PVA) do café. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.

ROLLA, F.P. **Ética Ambiental: principais perspectivas teóricas e a relação homem-natureza.** 2010. 32 f. Trabalho de Conclusão de Cuso (Bacharelado em Ciências Jurídicas e Sociais) - Faculdade de Direito, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RODRIGUEZ, F.R.; MOLINA, M.S.; GONZALEZ, M.T. The use of steam and CO₂ as activating agents in the preparation of activated carbons. **Carbon**, Alicante, v. 33, n. 1, p. 15-23, 1995.

RUTZ, E.G. et al. Adsorção do corante têxtil amarelo remazol usando um dos rejeitos da fabricação da alumina como adsorvente. **Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 61, n. 4, p. 443-448, 2008.

KIMURA, I.Y et al. Avaliação da capacidade de adsorção do corante reativo laranja 16 pela quitosana. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 5, p. 1161-1166, 2000.

TIBURTIUS. et al. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, Curitiba, v. 27, n. 3, p. 441-446. 2004.

APÊNDICE A

As soluções 1A e 1L são o resultado da submissão de 50mL de água destilada com 1g de CA saturada por 30 min sob agitação constante. Esse teste foi realizado a fim de verificar se ocorre a dessorção dos corantes Amarelo e Alaranjado remazol apenas com água destilada, no entanto, como mostra a Figura 13 não ocorreu dessorção. Este teste também foi realizado com 50mL de solução 1% de HCl m/m sob as mesmas condições anteriores para as soluções 2L e 2A, contudo, como mostra a Figura 1 não ocorreu dessorção dos corantes estudados. Entretanto, o estudo feito com 50mL de solução de NaOH para as soluções 3L e 3A, também sob as mesmas condições, mostrou resultados visuais.

Figura 13 – testes prévios de dessorção.

