

Graphical Abstract



The graphical abstract represents the activated coal production, which has the potential of industrial use to color removal on textile wastewater.

REMOÇÃO DE COR DO EFLUENTE TÊXTIL UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO COM O FRUTO DA *DILLENIA INDICA L* (FLOR-DE-ABRIL)

Giovanna M. Pacheco^{a*}, Aimée V. M. Romero^a, Anelise Destefani^b e Suellen C. Fernandes^b

^aTécnico em química integrado ao Ensino médio, Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari, 89245-000 Araquari – SC, Brasil

^b Docentes do curso técnico em química do Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari, 89245-000 Araquari – SC, Brasil

Manuscrito com material suplementar

Manuscrito sem material suplementar

*e-mail: giovanna.m.p@hotmail.com

REMOVAL OF COLORS FROM TEXTILE EFFLUENT WITH ACTIVATED CHARCOAL PRODUCED FROM FLOR-DE-APRIL (*DILLENIA INDICA L*)

At the north macro-region of Santa Catarina's state one of the economy sectors is textile weaving, clothing and accessories confection. This sector is potentially rising. However, the wastewater produced by the textile industry has dangerous characteristics for the environment of the region due the hard mission of color removal, promoting an esthetic impact at the hydrous body with high pollution potential. In the textile industrial process the addition of pigments give the wastewater a high quantity of colorants, especially in the dyeing sector were is used a lot of intense and highly toxic colorants. At the process's end the result is a wastewater which requires an advanced treatment for the color removal before it's release in the hydrous body. Observing the potential of activated carbonization from the April Flower for water industry residue cleaning, specifically textile, the purpose of the research is to test the efficiency of coal, produced in a laboratory starting from the mesocarp and epicarp from the fruit *Dillenia Indica L*, for wastewater color removal. The commercial coal showed better results compared to the others that were analysed simultaneously.

Keywords: wastewater; active charcoal; adsorption; biofilter; textile; *DILLENIA INDICA L*

INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina se destaca por ser um dos principais parques produtivos do setor têxtil, só no primeiro trimestre de 2019 esse mercado movimentou aproximadamente US\$ 41,3 milhões apresentando um incremento de 6,3% na área têxtil e de 5,9% no vestuário. Essa situação coloca o estado como o segundo maior produtor do setor, com quase 10 mil empresas têxteis e de confecção e mais de 160 mil empregos diretos, segundo ABIT¹. O SEBRAE² divulgou que entre as regiões de maior investimento na área têxtil, do estado catarinense, a macrorregião norte se destaca com a produção de tecelagem, confecção de artigos do vestuário e acessórios, um dos mais emergentes.

Kunz³ descreve que o processo produtivo dos artigos de tecelagem e do vestuário geram efluentes de difícil tratamento, seus pigmentos são adicionados no produto para conferir características de tingimento, solidez e estabilidade química adequada para que, ao final, o produto apresentar qualidade. Durante a produção de têxteis, três processos são considerados importantes: a montagem, a fixação e o tratamento final. A fixação do corante à fibra é feita por reações químicas, de forma mais simples com a insolubilização do corante ou de derivados gerados, essa etapa ocorre usualmente em diferentes fases durante os processos de montagem e fixação. Após esses procedimentos de tintura, uma etapa de lavagem em banhos correntes é realizada para a retirada do excesso de corante original ou corante hidrolisado não fixado à fibra nas etapas precedentes.

Segundo Guarantini⁴, os pigmentos utilizados apresentam características de difícil degradação afinal, dependendo de qual a composição do corante, sua molécula pode ter ligações intra e intermoleculares fortes como iônicas e de hidrogênio. O uso desses pigmentos confere aos efluentes altas quantidades de cor, principalmente na tinturaria onde são utilizadas soluções de vários corantes fortes e altamente tóxicos. Luclktenberg⁵ ressalta que os efluentes das indústrias têxteis apresentam características físico-químicas que necessitam de um tratamento avançado para remoção de cor, antes de seu lançamento no corpo hídrico.

Os corantes sintéticos apresentam tanto riscos à saúde humana, quanto ao meio ambiente, avaliados através de risco toxicológico, depende do modo de exposição, do tempo, da sensibilidade da pele ou até mesmo das vias respiratórias. O grau de toxicidade pode ser analisado através da dose letal, e essa análise mostra que apenas um baixo número de corantes pode apresentar toxicidade aguda e estes podem ser encontrados os corantes bis-azo e catiônicos. Alguns estudos mostram que os corantes azo solúveis em água são excretado mais rapidamente, porém, em contra partida, os insolúveis podem acabar sendo biodegradados no fígado e formar conjugados solúveis em água, que

poderão ser transportados para o intestino, possibilitando assim que nem o corante ou seus metabólicos mostrem potencial de bioacumulação. É necessário também, levar em consideração suas propriedades carcinogênicas e mutagênicas. No ambiente, os rejeitos que são lançados como resultado da etapa de tintura pode ter uma composição variada, (corante, umectante, antiespumante, eletrólitos, dispersantes, etc.).

Essas características dos efluentes demonstram a necessidade de um tratamento adequado, além de que os processos produtivos têxteis são considerados um dos maiores consumidores de água e de corantes sintéticos, gerando grandes volumes de efluentes com uma complexidade singular, também apresenta elevada carga orgânica e altos teores de sais inorgânicos, como descrito por Kamida⁶.

As técnicas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, a remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos mostra-se deficientes.

Em geral, na indústria têxtil os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. O sistema apresenta uma eficiência relativamente alta, permitindo a remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes.

No Brasil a indústria têxtil tingue principalmente o algodão, o que utiliza uma classe de corante que apresenta grupos quimicamente ativos que são capazes de reagir com a celulose, desta forma um efluente indevidamente descartado em corpos hídricos com esse corante é altamente nocivo para qualquer organismo vivo. Esse problema pode ser resolvido realizando a hidrólise dos grupos funcionais do corante para torná-lo inerte.

Essa problemática aliado ao rigor ambiental da legislação brasileira exigem tratamentos eficientes o que têm levado ao desenvolvimento de novas tecnologias que buscam o tratamento melhor e mais adequado, considerando custos, tempo e eficiência dos processos existentes na reciclagem e eliminação de toxicidade⁶. Diversos estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de procurar formas de remoção de cor em efluentes têxteis, e na literatura encontram-se algumas das principais técnicas utilizadas para tratamento e remoção de cor de tais rejeitos.

Estudos promissores tem apontado o uso de processos com a adsorção em carvão ativado, esses demonstram uma eficiência significativamente maior. Podem-se usar técnicas que englobam processos de biodegradação, eletroquímica, fotoquímica, degradação química, precipitação, adsorção (técnica foco deste trabalho), entre outros⁶. Contudo, não se há registros de tentativa de remoção de cor em efluentes têxteis usando o fruto da Flor-de-abril.

Lorenzi⁷ descreve a *Dillenia indica* L como uma árvore da família das Dileniáceas com caule reto e uma grande copa, também conhecida popularmente como árvore-do-dinheiro, maçã-de-elefante, árvore-da-pataca ou flor-de-abril, originária da Ásia Tropical e tem como principais formas de utilização o plantio em parques e usos medicinais. Dados de Talukdar⁸ indicam que as folhas, casca, frutas e diversas partes da *Dillenia indica* L possuem uma longa escala medicinal como, usos antimicrobianos, antioxidante, analgésico, anti-inflamatório, disenteria, antidiabético, entre outros.

Observando o potencial de carbonização ativada do fruto da Flor-de-abril para o tratamento de águas residuais de indústrias, especificamente têxtil, esta pesquisa tem como objetivo testar a eficiência de um carvão, produzido em laboratório a partir do mesocarpo e epicarpo do fruto da *Dillenia indica* L, para remoção de cor de efluentes.

PARTE EXPERIMENTAL

Obtenção do carvão

Primeiramente foram coletados os frutos da planta de *Dillenia Indica L*, no período de março a agosto de 2019, no centro da cidade de Joinville/SC e armazenados em refrigeração. Os frutos foram abertos para remoção da parte gelatinosa e separação, para uso futuro, do meso e endocarpo, que foram picotados. Tais partes foram utilizadas para a produção do carvão da flor-de-abril sem ativação (CN). Esse material foi colocado em cadinhos de porcelana e realizada a pirólise em um forno mufla (Magnus) mantidos após atingir a temperatura de 700 °C (sem o uso de atmosfera inerte de N₂) por 2 h, conforme descrito por Junior⁹.

Obtenção do carvão ativado (CA)

Para ativação do fruto da flor-de-abril, foram separadas uma quantidade de amostras do vegetal (aproximadamente metade de um Becker de 1000 mL) e colocados em contato com o ácido fosfórico 8,5% (v/v), até cobrir todo o material, durante 24 h em temperatura ambiente. Posteriormente, esse material foi filtrado com uma bomba de vácuo (Prismatec) para a remoção do excesso de reagente. Após, o material sofreu pirólise, onde foram transferidos parte dos frutos que estavam em contato com o ácido para os cadinhos e levados à mufla, à 700°C por 2 h, adaptado de Moletta¹⁰.

Volume de carvão adsorvente produzido

O volume produzido de carvão ativado (CA) foi avaliado subtraindo-se o peso inicial da amostra bruta do peso final obtido de carvão. Tendo em vista que o teor de cinza também pode afetar a adsorção, foi feito o pré-tratamento de lavagem da amostra com água destilada⁹.

Limpeza dos cadinhos

Após a produção dos carvões a limpeza dos cadinhos foi realizada submetendo-os na mufla a 950°C pelo período de 2h.

Caracterização do CA

Avaliação da porosidade

O início do procedimento deu-se com o preparo de quatro soluções:

S1: Solução de amido (Indicador): Para a preparação da solução de amido foram homogeneizados, até formar uma pasta, 2 g de amido e 25 mL de água. A pasta de amido foi transferida para um béquer contendo 250 mL de água fervente, e se aqueceu por mais dois minutos, sempre sob agitação. Para armazenamento por um período maior, foi adicionado 1 g de ácido bórico a mistura, e envasado em um frasco de vidro âmbar.

S2: Solução de tiosulfato de sódio ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$): Para a preparação da solução de tiosulfato de sódio calculou-se a quantidade de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 1 mL para a produção de 500 mL. Após a pesagem de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ e dissolveu-se em água destilada. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico e completou-se com água destilada até o menisco.

S3: Solução de Iodo ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$): No preparo da solução de iodo foi calculada a quantidade de iodo necessária para a obtenção da concentração desejada em 1 L. Foram utilizadas 250 mL de solução de iodo 1 mol L^{-1} e dissolveu-se em água destilada. A solução foi transferida para um balão volumétrico e completado com água destilada até o menisco.

S4: Ácido clorídrico (3,7%): Primeiramente foi calculado quantos mL de solução de ácido clorídrico é necessária para obter-se a concentração (3,7%) em 500 mL considerando a pureza da solução inicial. Foi pipetado o volume de 50 mL de HCl em um balão, e completado com água destilada até o menisco.

S5: Solução de azul de metileno (50 mg L⁻¹): Para a concentração de 0,05 g/L. Foi pesado então 75 mg para a produção de 1,5 L e dissolveu o pó, inicialmente de cor marrom, com água destilada. Então a solução concentrada de azul de metileno, foi transferida para um balão volumétrico e completou-se com água destilada.

A padronização da S2 e S3 ocorreu por titulação. Faz-se necessária a padronização das soluções utilizadas nos experimentos para ter-se o mínimo possível de erro nos cálculos.

Padronização da solução de Tiosulfato de sódio

A padronização de tiosulfato de sódio foi realizada pelo seguinte método: pesou-se aproximadamente 0,0500 g de KIO₃ e dissolvidos em 25 mL de água destilada. Foi adicionado 1 g de KI e que, após sua dissolução, foi acrescentado 10 mL de S4. Essa solução foi titulada imediatamente com solução de Na₂S₂O₃, até a obtenção de uma coloração amarela bem leve. Foi adicionado aproximadamente 1 mL de S1 e continuou-se a titulação até o desaparecimento da cor escura formada.

Padronização do Iodo

A padronização de iodo realizou-se pelo seguinte método: pipetou-se 25 mL de iodo e transferiu-se para um Erlenmeyer com volume de 250 mL. Em seguida titulou-se com a solução padrão de Na₂S₂O₃ até a coloração da solução torna levemente amarelada. A partir desse estado, foi adicionado 5 mL de S1 e continuada a titulação até desaparecimento da coloração azul.

Avaliação da porosidade do carvão (CA e CN)

Nessa etapa da pesquisa foram avaliados a porosidade do Carvão Ativado Comercial (CC), Carvão Ativado da Flor-de-abril (CA) e Carvão da Flor-de-abril Sem Ativação (CN).

A porosidade foi avaliada através do índice de iodo, considerando então a microporosidade. O resultado do procedimento analítico teve como base de cálculo da quantidade em miligramas de iodo adsorvidas em 0,5 g de carvão; quanto maior o número de iodo (I.mg/g carvão) maior adsorção do carvão, como descrito por Lopes¹¹.

Para cada amostra de carvão (CC, CA e CN) foi misturado 5 mL de S4 e 50 mL de S3 em 0,5 g de amostra e cobrindo a solução com Parafilm® de imediato. Todas as amostras foram agitadas com movimentos circulares por 30s, e então, filtradas (Filtração média) por gravidade. Para essa filtração o seguinte esquema foi utilizado (Figura 1):



Figura 1. Erlenmeyer, funil e filtro¹³

Os 5 mL iniciais do filtrado de todas as amostras foram rejeitados e o restante adicionado em béqueres de 250 mL. Com a solução homogeneizada, transferiu-se 25 mL da mesma para outro Erlenmeyer de 250 mL e então foi realizada a titulação com S2⁹. O cálculo do iodo adsorvido nas amostras de carvões foi baseado na subtração da concentração da solução do iodo remanescente com a do iodo adicionado. Todos os carvões tiveram seus testes realizados em triplicata.

Avaliação da eficiência do carvão

A avaliação da eficiência dos carvões foi realizada a partir dos testes do índice de azul de metileno e de iodo.

Teste de azul de metileno

O método escolhido para a determinação do Índice de Azul de Metileno (IAM) foi realizado conforme Morais¹⁴. O teste consiste em pesar separadamente 0,5 g dos diversos carvões (CC, CN e CA) e misturar sob agitação 50 mL da solução de azul de metileno (0,5 mg/L). Após 24h de agitação, as amostras foram centrifugadas (FANEM) por 50 min em 3000 rpm. A concentração de azul de metileno remanescente na solução foi calculada a partir da absorbância encontrada utilizando o espectrofotômetro ($\lambda \approx 625\text{nm}$). O procedimento foi feito em triplicata para cada tipo de carvão utilizado nas análises. Para o cálculo do IAM, foi utilizada a solução de concentração

conhecida (50 mg L⁻¹) para formar seis soluções de menores concentrações e posteriormente produzir a curva que forneceu a equação utilizada para calcular a concentração de azul de metileno adsorvidos pelos carvões.

Teste de redução de cor do efluente têxtil

A amostra do efluente foi obtida em uma empresa têxtil da região de Joinville (SC), coletada na ETE após o tratamento secundário (lodos ativados), no início do decantador secundário.

Para avaliar a eficiência de remoção de cor nos CA e CC, foi adicionado 50 mL de efluente têxtil para 1 g dos carvões, e então submetido a agitação por 30 min em uma mesa agitadora (SOLAB), adaptado de Alves¹⁵, sendo esses testes foram realizados em triplicata. Para o CN o estudo foi desenvolvido em 35 mL de efluente para 0,7 g de carvão, sem replicatas. Todas as amostras foram centrifugadas (FANEM) por 5 min em 3000 rpm. Após a centrifugação, filtrou-se por gravidade, com o mesmo esquema da figura 1, e após avaliação no espectrofotômetro (SHIMADZU UV-1800). Uma alíquota das soluções centrifugadas e filtradas foi encaminhada para o laboratório de Companhia Águas de Joinville para análise da cor aparente. Para avaliação da cor aparente foi utilizado o método espectrofotométrico à 465 nm.

O teste de eficiência foi realizado com os três carvões. Na avaliação foram comparados os valores obtidos no comprimento de onda que mais adsorveu o efluente bruto. Na equação a seguir, utilizada para cálculo da eficiência utilizou-se os valores da cor antes da testagem do carvão (Cor 2) e após a adsorção com os diversos tratamentos (Cor 1).

$$Eficiência = \frac{100 * cor\ 1}{cor\ 2}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtenção do carvão

O peso total inicial do CN foi de 389,29 g. A massa do carvão pós-carbonização foi de 4,0898 g, resultando em um rendimento de 1,05%, que após obtido apresentou pH 9,78. Não houve correção do pH.

Obtenção do carvão ativado (CA)

Após a obtenção do CA, foi observado seu pH de 2,25, classificando-o como um carvão ácido. Para a correção deste parâmetro, o carvão foi lavado com água destilada, conforme metodologia. Uma nova análise foi realizada, observando uma pequena alteração. Uma nova solução básica de NaOH foi realizada resultando em um pH de 7,8.

Rendimento de adsorvente produzido

O CN foi produzido com uma massa inicial de 389,29g e o volume final, após a carbonização, 4,0898g, tendo seu rendimento de 1,05%.

Produziu-se uma maior quantidade de CA, por ser o enfoque do trabalho. Como o material de CA foi realizado em triplicata, o volume foi analisado através da média de massa da amostra 449,7095 g resultou assim um rendimento médio de 13,97%.

Padronização das soluções

	Tiosulfato (mol.L⁻¹)	Iodo (mol.L⁻¹)
1 replicata	0,0468	0,0495
2 replicata	0,0512	0,0480
3 replicata	0,0475	0,0485
Média	0,0485	0,0486
Desvio	0,0024	0,0008

Tabela 1. Concentração das soluções

Caracterização do carvão ativado (CA)

Avaliação da porosidade

Para avaliar a porosidade do carvão ativado, foi calculado massa de iodo adsorvida (Tabela 2).

	CC (g) granulometria = 65 nm	CA (g) granulometria = 125 nm	CN (g) granulometria não avaliada
1 replicata	277,306	277,612	246,532
2 replicata	277,921	277,612	246,839
3 replicata	276,997	275,151	248,686
Média	277,408	276,791	247,352
Desvio	0,470	1,421	1,165

Tabela 2. Massa de iodo adsorvido pelo carvão.

Comparando o valor de adsorção do CA com o CC, pode-se observar que estes possuem um valor de adsorção muito próximos, mas com o desvio padrão é relativamente alto, o que significa uma desigualdade nas análises. Porém é importante ressaltar que, o tamanho do grão está relacionado com a capacidade de coesão e sorção das partículas, tornando-se progressivamente mais importante quanto o tamanho de grão diminui. A superfície de contato promove a sorção de elementos orgânicos e inorgânicos, tanto de origem natural como antropogênico e conseqüentemente, apresenta as maiores concentrações de metais e químicos orgânicos, como descrevem Förstner¹⁶, Lamberson¹⁷ e Thompson¹⁸. Como o CC tem uma granulometria de 65 nm e CA tem 125 nm, avaliando os resultados obtidos pode-se supor que o CA poderia apresentar valores de índice de iodo melhores se sua granulometria equivalesse ao de CC, contudo não pôde-se obter tal resultado. O que interfere na produção de poros e já o CN com o CC nota-se uma diminuição de aproximadamente 10,8% na adsorção de iodo.

De acordo com Moraes¹⁴, o carvão ativado por ácido fosfórico produzido a partir de coco-da-baía apresenta um valor de índice de iodo de 384,81 mg.g⁻¹ para esse estudo, porém deve-se levar em consideração que foi utilizado um grama de carvão que indica valores inferiores ao encontrado em nossa pesquisa. Com o estudo realizado por Junior⁹, que utilizou a ativação por ZnCl₂, o carvão de ouriço de castanha e o de caroço de açaí apresentaram maiores adsorções (780 mg.g⁻¹ e 600 mg.g⁻¹ respectivamente), porém o carvão de casca de cupuaçu apresenta menor adsorção (480 mg.g⁻¹). Há também o estudo feito por Fernandes¹⁹ produzindo carvão também de coco-de-baía, porém ativado quimicamente com ZnCl₂ e fisicamente com vapor d'água. A produção desse carvão se deu utilizando o forno rotatório CHINO, acoplado a uma caldeira onde produzia o vapor d'água para a ativação física, obtendo-se na adsorção de iodo resultados de 1323 mg.g⁻¹ valor esse 41,84% menor que o encontrado em nosso projeto. Esses dados podem indicar que o grau de adsorção não depende apenas da composição do material ativante, mas também é realizada a ativação da matéria-prima.

Avaliação da eficiência dos carvões (CC, CA e CN)

Teste de azul de metileno

Para realizar o teste de eficiência dos carvões, foi utilizado o azul de metileno. Como já citado na metodologia, foi realizada uma curva de calibração (Gráfico 1).

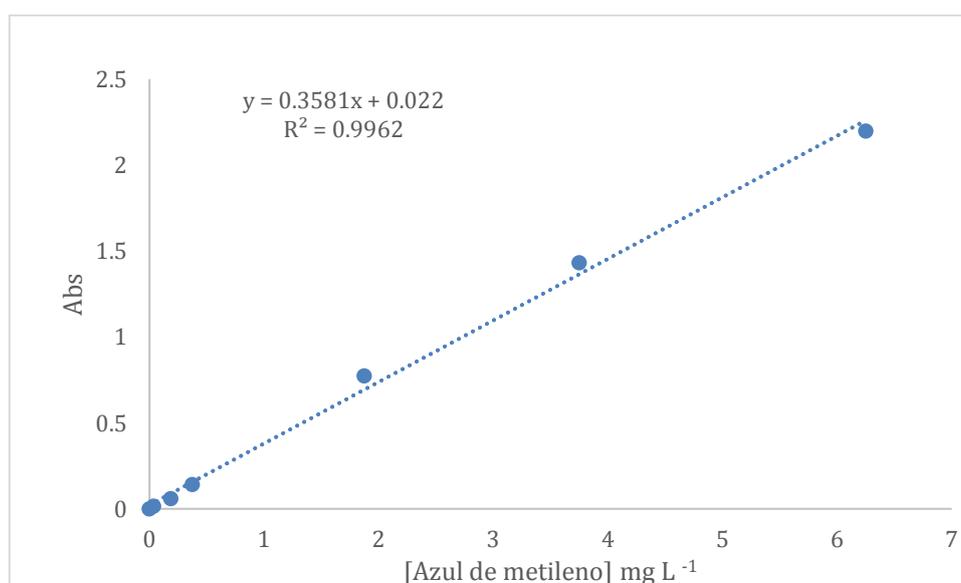


Gráfico 1. Curva de calibração para o teste de azul de metileno

Obteve-se uma equação $y = 0,3581x + 0,022$, onde y é a absorvância e x , a concentração. Foi realizada a leitura da absorvância em 30 min, 2 h e 24 h, para verificar a eficiência do carvão. Os resultados das concentrações obtidas estão descritos na tabela 3.

	30 min	2 h	24 h
CC	ND*	ND*	ND*
CA	0,056 mg L ⁻¹	0,035 mg L ⁻¹	0,208 mg L ⁻¹
CN	0,655 mg L ⁻¹	0,067 mg L ⁻¹	ND*

Tabela 3. Concentração de azul de metileno adsorvido no material

*ND: concentração de corante de azul de metileno abaixo da curva de calibração.

O CC mostrou-se mais eficiente na remoção da cor, com valores abaixo da curva de calibração em todos os testes.

Observou-se que a adsorção do azul de metileno com CA se dá em um curto tempo, mas que após parece que ocorre uma dessorção. Contudo, novos estudos são necessários para investigar essa problemática.

O CN inicialmente teve um baixo desempenho de adsorção, quando comparado ao CA, contudo, ao final das 2 h e 24 h a concentração de cor diminuiu drasticamente, o que também parece que o tempo de contato interfere na adsorção de cor.

Teste de eficiência de redução de cor do efluente

Para a análise de redução de cor foram realizados dois testes: absorvância e análise de cor aparente.

O teste de absorvância foi realizado no laboratório do IFC, utilizando um espectrofotômetro (Shimadzu), e varredura de 400 a 800 nm, valores escolhidos considerando dados na literatura,

devido a diversas absorvâncias de efluentes encontradas nesse intervalo. O processo de varredura é necessário pois cada efluente possui características distintas, por conta de temperatura, composição dos corantes, processos industriais, entre outros. A banda de maior absorvância do efluente bruto ocorreu a 568,30 nm, com o valor de absorvância de 0,228. A partir desses dados experimentais realizou-se o cálculo com os valores das amostras no mesmo comprimento de onda.

Eficiência da remoção da cor

Com análises foi observado que a onda de maior absorvância foi de 568,30 nm. A partir disso, foi retirado os dados para cálculo da eficiência dos carvões.

Com o CN o resultando foi uma eficiência de 29,39%.

A Tabela 3, indica a eficiência obtida nos efluentes após tratamento e filtragem com o CA da *Dillenia indica L*.

	Eficiência após meia hora em contato (%)	Eficiência após duas horas em contato (%)
CA, replicata 1	53,95	39,04
CA, replicata 2	52,63	24,56
CA, replicata 3	57,89	24,56
Média	54,82	29,39
Desvio padrão	±2,23	±6,87

Tabela 3: Eficiência do carvão ativado de *Dillenia indica L* nos efluentes

A média de adsorção de cor dos efluentes pelo CA, por um período de trinta minutos, foi de 54,82%. Já em um período de duas horas foi de 29,39%.

Na Tabela 4 encontra-se os dados da absorbância nos efluentes com o contato e filtragem com o carvão comercial.

	Após meia hora em contato (%)	Após duas horas em contato (%)
CC, replicata 1	44,74	63,16
CC, replicata 2	55,26	62,28
CC, replicata 3	51,75	57,46
Média	50,58	60,96
Desvio padrão	±4,37	±2,51

Tabela 4: Eficiência do carvão comercial nos efluentes

A média de adsorção de cor dos efluentes pelo CC, pelo período de trinta minutos foi de 50,58%. Em uma diferença de tempo de duas horas, a média foi de 60,96% de eficiência de remoção de cor dos efluentes.

Observou-se uma diminuição de eficiência do CA após, 2 h, que pode ser em decorrência de uma dessorção. Em algum momento, as reações entre o carvão ativado e o efluente se equilibram, assim a reação interna pode tender momentaneamente para o lado os efluentes, liberando cor. Faz-se necessário uma pesquisa com maior controle de variação de tempo e espectrofotometria.

Cor aparente

Com auxílio do laboratório de Controle da Qualidade da Companhia Águas de Joinville pôde-se realizar o teste de cor aparente. A cor aparente e a cor verdadeira são parâmetros para determinação de cor em um corpo hídrico. A cor verdadeira é determinada, após as amostras serem filtradas, eliminando a turbidez. Já a cor aparente é realizada com uma alíquota da amostra, sem

tratamento prévio²⁰. A opção da realização da cor aparente foi em função do volume de amostra obtida.

O teste foi realizado com o comprimento de onda de 465 nm e o valor obtido a partir do efluente bruto foi de 1170 Pt-Co.

Replicatas	CC (%)	CA (%)
1	66,06	23,42
2	66,41	41,20
3	59,31	34,87
Média	63,93	33,16
Desvio	±3,27	±7,36

Tabela 5: Eficiência em porcentagem da remoção da cor a partir do teste de cor aparente

Os resultados demonstram que o carvão CC apresenta uma maior eficiência para remoção da cor comparado com o CA, conforme pode-se observar na tabela 5 para comparar com a legislação de lançamento de efluentes em corpos receptores (Resolução CONAMA N°430/2011) é necessário a realização de ensaios obtendo-se a cor verdadeira, o que não foi possível. Contudo ainda foi notado a redução da cor do efluente com o uso dos carvões, o carvão que encontrou-se melhor eficiência foi o CC, com média de 63,93% de eficiência e desvio padrão de ±3,27. Sua eficiência superior possivelmente se deve a maior superfície de contato.

Conclusão

O carvão mais indicado, com os dados obtidos foi o carvão comercial (CC). A adsorção de iodo desse carvão mostrou-se superior em comparação aos outros carvões avaliados no estudo, com valor de 277,41 mg adsorvidos. Sua eficiência foi notória inclusive nos outros testes realizados como o de adsorção de azul de metileno, com todos os valores abaixo da curva de calibração ou seja, sua concentração foi tão baixa que não consegue-se quantificar. Os testes de redução de cor do efluente indicavam eficiências acima de 50% em todas as replicatas. Nas mesmas condições o carvão ativado produzido com *Dillenia indica L* mostrou adsorbância e eficiência irregulares, fazendo-se necessários maiores avaliações. Os dados obtidos durante o estudo enquadram-se como iniciais, observou-se a necessidade de aprimoramentos dos métodos utilizados. O adsorvente produzido em laboratório mostra potencial para ser superior ao carvão comercial (CC). Entretanto reparou-se tendência à dessorção, sendo necessário maior aprofundamento de estudos para

conclusões mais concretas. A dessorção apesar de a primeira vista parecer uma desvantagem, pode mostrar uma facilidade na limpeza dos carvões nos setores industriais, tendo economia de reagentes para tal.

Referências

1. Perfil do Setor: Dados gerais do setor referentes a 2017 (atualizados em dezembro 2018). **2019**. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 08 novembro 2019.
2. SEBRAE - SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE SANTA CATARINA. Santa catarina em Números - Macrorregião Norte: Relatório. Florianópolis/SC, **2013**.
3. KUNZ, Airton et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **2002**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n1/10428.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2019.
4. GUARATINI, Cláudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B.. CORANTES TÊXTEIS. **2000**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v23n1/2146.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2019.
5. LUCLKTENBERG, I. A. B. A Indústria Têxtil Catarinense e o Caso da CIA. Hering. **2004**. 257 páginas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP.
6. KAMIDA, Hélio M. et al. Biodegradação de efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju*. **2005**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400014>. Acesso em: 08 nov. 2019.
7. KUNZ, Airton et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **2002**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n1/10428.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2019.
8. LORENZI, Harri et al. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas – Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, **2003**. Outros autores: Hermes Moreira de Souza, Mario Antonio Virmond Torres, Luis Benedito Bacher.
9. TALUKDAR, A. et al. *Dillenia indica* (outenga) as anti-diabetic herb found in assam: a review. International Journal of Pharmaceutical Science Research. Guwahati, v.3, n.8, p.2482-2846, **2012**.
10. JUNIOR, O. F. C. Produção de Carvão Ativado a Partir de Produtos Residuais de Espécies Nativas da Região Amazônica. **2010**. 75 páginas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR.

11. MOLETTA, N. R. Caracterização e aplicação de carvão ativado produzido a partir de biomassa amilácea. **2011**. 62 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR.
12. LOPES, C. W. et al. Síntese e caracterização de carvões ativados derivados do sabugo de milho. *Revista Perspectiva*. Erechim, v. 37, n.139, p. 27-35, **set/2013**.
13. FREEPIK; MONKIK. Disponível em: <<https://www.flaticon.com/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.
14. MORAIS, E. D. de, Produção do Carvão Ativado a Partir do Mesocarpo do Coco-da-baía (*cocosnuciferalinn*) Utilizando H₃PO₄, CH₃COONa, e KOH Como Ativantes. **2014**. 70 páginas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN.
15. ALVES, Allani Christine Monteiro. Avaliação do tratamento de efluentes líquidos contendo cobre e chumbo por adsorção em carvão ativado. **2007**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, **2007**.
16. FÖRSTNER, Ulrich et al. Sediment criteria development. In: *Sediments and environmental geochemistry*. Springer Berlin Heidelberg, **1990**. p. 311-338.
17. LAMBERSON JO, DEWITT TH, SWARTZ RC (**1992**) Assessment of sediment toxicity to marine benthos. In: Burton GA Jr (ed) *Sediment toxicity assessment*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, p 183–211
18. THOMPSON, Bruce; LOWE, Sarah. Assessment of macrobenthos response to sediment contamination in the San Francisco Estuary, California, USA. *Environmental toxicology and Chemistry*, v. 23, n. 9, p. 2178-2187, **2004**.
19. FERNANDES, Fabiana Lopes. Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com ZnCl₂ e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização, modificações químicas e aplicação na adsorção de íon cloreto. **2008**. Tese de doutorado (Doutorado em Química Analítica) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, João pessoa, **2008**.
20. CENTRO DE TECNOLOGIA (Alagoas). Universidade Federal de Alagoas. **Cor e Turbidez**. 2012. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Curiosidades.doc>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

