

ADSORÇÃO DO CORANTE RODAMINA B USANDO CABELO HUMANO¹

ADSORPTION OF RHODAMINE B DYE USING HUMAN HAIR

**Valmir Kessler Paz², Joana Bratz Lourenço³, William Leonardo da Silva⁴,
Luis Fernando Brum⁵ e Cristiane dos Santos⁶**

RESUMO

O cabelo humano apresenta uma fração significativa da quantidade de resíduos gerados por salões de beleza. Destes, muitos podem ser utilizados para a confecção de perucas e *megahair*, porém cabelos com comprimento inferior a 15 cm, não são aproveitados, gerando um passivo ambiental. Diante desse cenário, faz-se necessário buscar uma aplicação para o cabelo remanescente. No presente trabalho, faz-se do cabelo um objeto de estudo na adsorção do corante Rodamina B. Após preparar o cabelo humano por meio de calcinação, realizou-se a análise elementar e a Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) das amostras para determinar a composição desse material, bem como o potencial zeta para avaliar a carga superficial, sendo definido que apresenta carga negativa em sua superfície. Os resultados da análise da adsorção se mostraram favoráveis, com redução de 40,45% da Rodamina B presente em uma solução, o que mostra que há potencial para o uso do cabelo, o qual poderia diminuir o impacto da geração dos resíduos de salões de beleza.

Palavras-chave: cabelo, contaminação, corante, resíduos.

ABSTRACT

Human hair presents a significant fraction of the amount of waste generated from beauty salons. Thus, many can be used to make wigs and hair extensions, but hair with a length less than 15 cm are not used, generating an environmental liability. In views of this scenario, it is necessary to seek an application to this hair waste. The present work makes the hair a study object in the adsorption of Rhodamine B dye. After preparing the human hair through calcination, elemental analysis and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) of the samples were performed to determine a composition of this material, as well as the zeta potential to evaluate the surface charge, being defined that presents negative charge in their surface. The results of the adsorption tests were favorable, with a reduction of 40.45 % in rhodamine B present in a solution, showing that there is potential for the use of this material, which could reduce the impact of residue generation in beauty salons.

Keywords: waste, contamination, dye, hair.

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Engenharia Química - Universidade Franciscana. E-mail: valmirkesslerpaz@gmail.com

³ Orientadora. Docente do curso de Engenharia de Materiais - Universidade Franciscana. E-mail: joana.lourenco@ufn.edu.br

⁴ Coorientador. Docente do curso de Engenharia Química - Universidade Franciscana. E-mail: w.silva@ufn.edu.br

⁵ Colaborador. Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFRGS). E-mail: luisfbrum.engenheiro@gmail.com

⁶ Colaboradora. Doutoranda em Ciência dos Materiais (PGCIMAT/UFRGS). E-mail: cristiane.engbio@gmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo dados da Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (2015), anualmente, as famílias brasileiras gastam R\$ 20,3 bilhões com serviços de cabeleiros, manicure e pedicure, sendo a classe C a que mais consome, com valor médio por família de R\$ 369,27, tornando-se um setor importante da economia brasileira.

Analisando os dados de produção de resíduos em um salão de beleza, Chiaramonte e Calheiro (2016) constataram que, entre os mais gerados, estão os de cabelos provenientes dos cortes (12%), plástico de embalagens (14%), cera de depilações (16%), metal de embalagens metálicas e papel alumínio utilizado para fazer descoloração (26%). As autoras constataram que a média de resíduos gerada por cliente a cada visita ao salão de beleza é de 4,16 g.

Entre os materiais descartados, poucas alternativas para o reuso do resíduo de cabelo humano são encontradas, entre elas a confecção de perucas, para as quais o cabelo deve ter comprimento mínimo entre 20 e 25 cm para homens e 50 e 55 cm para mulheres (MIRANDA, 2014). A reutilização para a adsorção é pouco descrita em trabalhos acadêmicos (AHMED *et al.*, 2017; VOLKOV; CAVACO-PAULO, 2016).

Segundo Halal (2011), o cabelo é basicamente formado por proteína, que representa 91% de sua composição, e é composto por três camadas concêntricas, a medula, o córtex e a cutícula, da mais interna para a mais externa. A medula tem entre duas e cinco fileiras de células, lado a lado, sendo geralmente presente em fios mais grossos. O córtex representa 90% do peso total do cabelo, feito de duas células queratinizadas, cujo pigmento confere cor ao cabelo. A cutícula é uma camada simples de células sobrepostas transparentes, com 0,5 μm de espessura.

Para Ahmed *et al.* (2017), o cabelo humano é renovável, naturalmente abundante, barato e *eco-friendly*. Pode ser utilizado como precursor para a fabricação de um material composto de carbono de elevada porosidade, para o processo de adsorção, e sua utilização para o tratamento de efluentes não foi encontrada na literatura. Volkov e Cavaco-Paulo (2016) constataram que, devido à heterogeneidade física e química do cabelo, sua superfície deve ser mais complexa do que para os demais sólidos homogêneos, o que influencia o processo de adsorção.

A adsorção é uma operação unitária utilizada em casos em que um ou mais componentes (adsorbato) de um gás ou líquido são adsorvidos na superfície de um sólido (adsorvente), havendo, dessa forma, a separação do componente da solução fluida. Pode ser utilizada, entre outras, para a eliminação de compostos orgânicos presentes na água (GEANKOPLIS, 2003).

O descarte de efluentes industriais é um grave problema que está sendo enfrentado atualmente, pois esses produtos apresentam composição diversificada e elevada toxicidade, o que dificulta o tratamento (BOSCOLO; LEAL NETO, 2016). Entre esses efluentes, diversas pesquisas estão sendo realizadas para se tratar efluentes que contêm Rodamina B, um composto químico de elevada toxicidade e de coloração

intensa, presente no efluente de indústrias de tingimento de ágatas (WERMOUTH *et al.*, 2013), corantes da indústria têxtil (BOSCOLO; LEAL NETO, 2016), como traçador de aplicação de agrotóxico, para avaliar a eficiência de deposição nas pulverizações (FERRACINI; CHAIM; PESSOA, 2003).

Existem estudos na literatura que utilizam a técnica de adsorção de Rodamina B, em superfícies como a da argila natural, a qual apresentou elevada capacidade de adsorção. Eletrostaticamente, a Rodamina B apresenta uma carga molecular global catiônica, o que a torna atraída pelos sítios negativos da argila durante a adsorção (SILVA *et al.*, 2017).

Refletindo sobre os impactos e a recuperação do meio ambiente degradado, o objetivo neste trabalho é testar a utilização do cabelo humano como adsorvente de uma solução contendo Rodamina B como adsorbato. Assim, pretende-se propor o uso de uma matéria-prima que atualmente é desperdiçada como lixo em salões de beleza e que, se aproveitada, poderia diminuir o passivo ambiental da geração de resíduo de cabelo humano e ser uma fonte sem custos para ser utilizada em um processo de adsorção.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras utilizadas como matéria prima para o estudo foram coletadas em um salão de beleza do município de Santa Maria - RS, durante o período de 28 de agosto de 2017 a dois de setembro de 2017. Nesse período, foram coletados os resíduos de corte de cabelo com tamanhos inferiores a 15 cm, que, conforme normas do salão, não são usados na confecção de *megahairs* e perucas, gerados por um cabeleireiro que trabalha no turno da tarde, totalizando 1,198 kg de resíduo. Considerando que esse profissional trabalhe apenas meio turno e consiga recolher aproximadamente 200 g de restos de corte de cabelo ao dia, uma quantidade consideravelmente alta, avista-se a necessidade de encontrar uma aplicabilidade para esse material.

Uma porção do cabelo coletado, de exatamente 100 g, após passar por separação conforme ABNT NBR ISO 10007 (2004), foi moída em um moinho de facas (Tecnal, TE650, Brasil), pertencente ao laboratório de Pesquisa em Materiais da Universidade Franciscana. As amostras foram calcinadas em mufla (Sanchis, DTT1300, Brasil) por quatro horas a 450°C, conforme sugerido por Silva *et al.* (2016).

TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO

As amostras, após a calcinação, foram submetidas à determinação do potencial zeta (Malvern Zetasizer, nanoZS-style, Reino Unido), no Laboratório de Catálise e Polímeros, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o qual indica a carga da superfície, se positiva ou negativa. Para a determinação da análise elementar, utilizou-se um analisador (Perkin Elmer M CHNS/O, 2400,

Estados Unidos) da Central Analítica do Instituto de Química da UFRGS. Cerca de 2 mg de amostras foram utilizados, e o experimento foi realizado em duplicata, de acordo com o padrão da UFRGS.

Para a identificação dos grupos funcionais, foi realizada a espectroscopia de infravermelho com Transformada de Fourier - FTIR (Varian, 640-IR, Estados Unidos), da Central Analítica do Instituto de Química da UFRGS, em modo de absorvância com 32 varreduras e 4 cm⁻¹ de resolução na região de 4000-450 cm⁻¹. Nesse processo, foram confeccionadas pastilhas com espessura de 1 mm e diâmetro de 5 mm, com cerca de 10% em massa de cabelo e o restante de KBr seco.

Ensaio de adsorção foram realizados no Laboratório de reatores da UFRGS. Para isso, foi utilizada uma solução de 50 mL de Rodamina B, com concentração de 20 mg/L (Próton Química, P.A.), à qual foram adicionados 35 mg de cabelo calcinado, de forma a se ter 0,7g de adsorvente por litro de solução, conforme o trabalho de Silva (2016), para ensaios de fotocatalise. Essa mistura foi colocada sob agitação a 150 rpm, por um período de duas horas. A variação da concentração de rodamina, ao longo do tempo, foi determinada em um espectrofotômetro (Cary 100Scan, UV-Vis Spectrophotometers, Estados Unidos), utilizando a curva de absorção a seguir, em que A é a absorvância lida no equipamento, em unidades arbitrária (u.a.) e C, a concentração relativa à absorvância determinada (mg/L).

$$A = 0,0168 \times C \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise elementar do cabelo humano foi realizada e comparada com a literatura, conforme tabela 1. Verifica-se que os resultados não correspondem a 100% da amostra, o que indica que outros elementos podem estar presentes na amostra, os quais não foram analisados. Para Halal (2011), a proteína do cabelo é composta por aminoácidos sulfenados, por cinco elementos: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e enxofre. Neste trabalho, foi possível a determinação dos teores de carbono, hidrogênio e nitrogênio, realizados em duplicata, os quais apresentam elevada diferença entre os resultados encontrados na literatura. Essa diferença pode ser atribuída à variedade de cabelos utilizada em cada estudo. Halal (2011) e Satish *et al.* (2015) não definem o tipo de cabelo analisado, e neste estudo não foi levado em consideração um tipo único de cabelo, e sim uma amostra heterogênea.

Tabela 1 - Composição elementar média do cabelo

Elementos	Valores obtidos (%)	Literatura ¹ (%)
Carbono	9,11 ± 1,29	51
Oxigênio	(-)	21
Hidrogênio	1,11 ± 0,11	6
Nitrogênio	0,01 ± 0,01	17
Enxofre	(-)	5

¹HALAL (2011); SATISH *et al.* (2015)

Por meio de análise de FTIR, pode-se obter uma curva típica, plotando o número de onda em relação a absorvância. Os picos característicos, com seus valores, são apresentados a seguir, na figura 1. Na tabela 2, consta a leitura, com base na literatura, para cada número de onda e definição da presença de que grupo funcional indica.

Tabela 2 - Definição dos elementos

Número de onda (cm ⁻¹)	Designação
3408,22	N-H ¹
1643,35	C=C ¹
1392,60	O-H ¹
1157,29	C-N ¹
1118,71	C-N ¹
536,21	S-S ¹
455,20	Si-O ²

Fonte: Reusch (2013)¹ e Andrés *et al.* (2000)²

A determinação do potencial zeta foi realizada, obtendo-se um valor de $-22,50 \pm 1,80$ mV para o cabelo calcinado. Isso demonstra o potencial do uso desse adsorvente para efluentes catiônicos, como a Rodamina B, conforme Silva *et al.* (2017). O gráfico obtido pelo equipamento é apresentado na figura 2, no qual o pico correspondente pode ser observado.

Figura 1 - Resultado de análise em FTIR

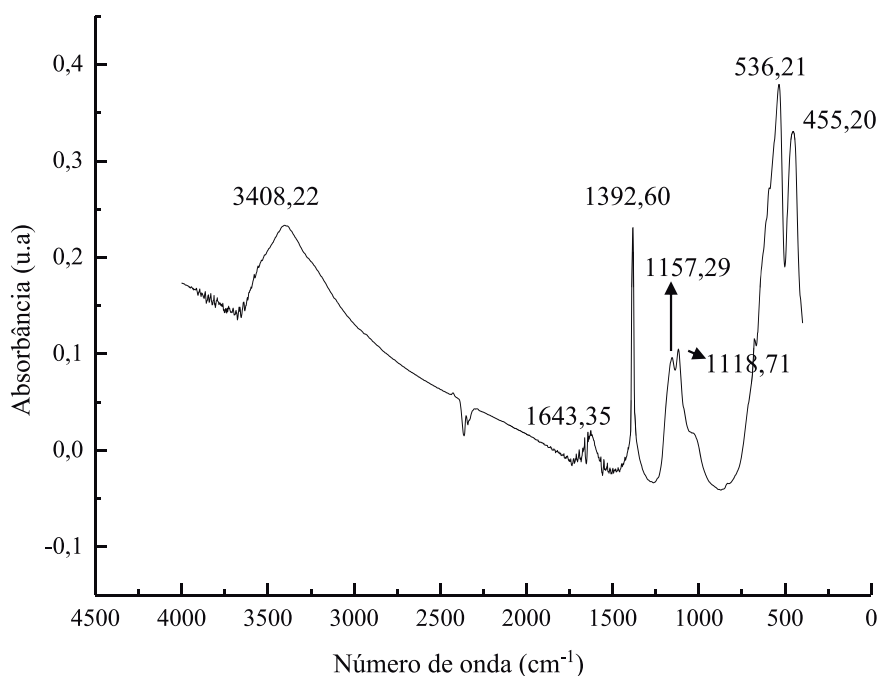
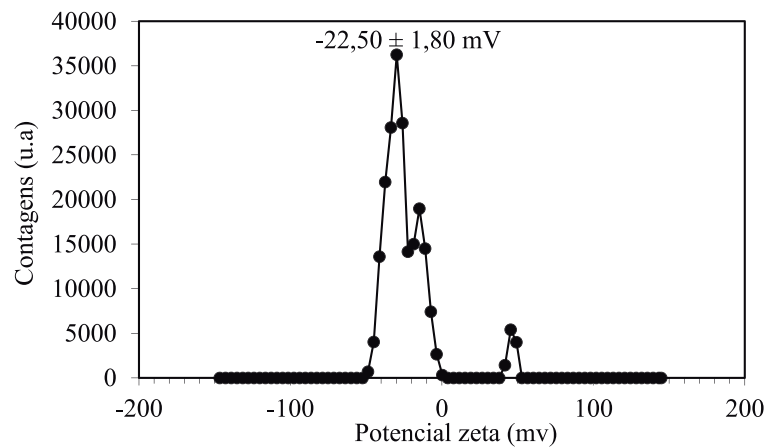


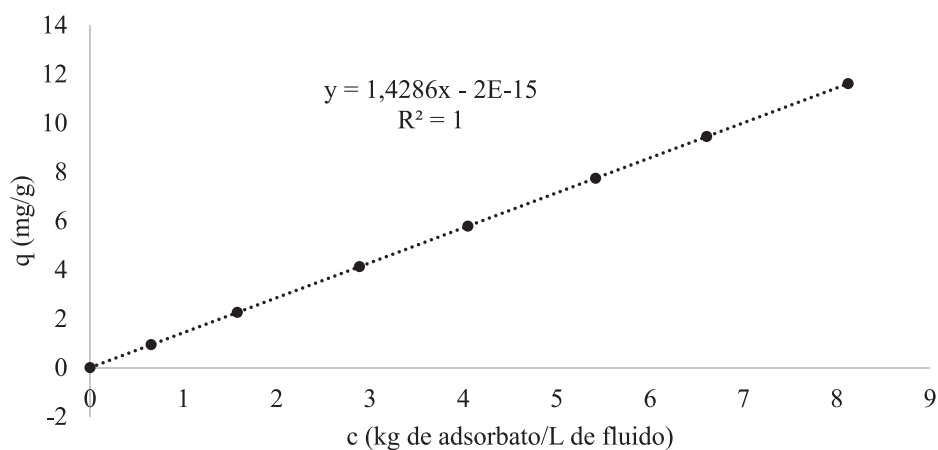
Figura 2 - Resultado de análise do potencial zeta



A curva de adsorção obtida para as duas horas de experimento mostra que a adsorção ainda não atingiu um equilíbrio para esse tempo, pois apresenta-se um patamar de crescimento. Ainda assim, pode-se ver, pelo comportamento da curva, que esse patamar está próximo de ser alcançado. O comportamento da isoterma é linear, podendo ser aproximado por regressão linear pela equação 2, que indica para esse sistema a quantidade de adsorbato (rodamina B, em mg) que foi adsorvida por massa de adsorvente (g). De acordo com Geankoplis (2003), esse comportamento não é comum, mas pode ser encontrado em regiões diluídas, como é o caso deste estudo. A figura 3 ilustra a isoterma de Langmuir.

$$q = 1,4286 c \quad (2)$$

Figura 3 - Isoterma de Langmuir



A isoterma de Freundlich também foi testada e constatou-se que é empírica, útil para líquidos e dada pela equação 3 (Geankoplis, 2003):

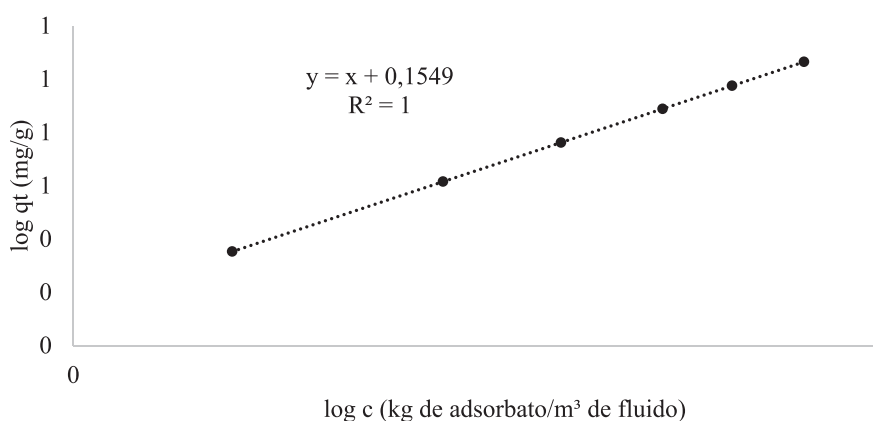
$$q = Kc^n \quad (3)$$

Em que K e n são constantes que devem ser determinadas experimentalmente, plotando um gráfico log-log de q versus c .

A isoterma de Freundlich pode ser observada na figura 4, em que se verifica que um bom ajuste também pode ser encontrado. O coeficiente angular fornece o valor de n , enquanto o coeficiente linear fornece $\log K$. Tem-se que $n = 1$ e $\log K = 0,1549$, logo $K = 1,4286$ mg/g.

Avaliando a concentração de Rodamina ao longo da adsorção, verificou-se que, ao final das duas horas de contato entre o adsorvente, cabelo calcinado, e a solução de Rodamina, houve uma redução de 40,45% da concentração da Rodamina na solução final, mostrando sua eficiência.

Figura 4 - Isoterma de Freundlich



CONCLUSÃO

Embora haja grande geração de resíduos de cabelo humano, apenas aqueles com comprimento superior a 15 cm têm uma utilidade definida. Nesse sentido, o aproveitamento de resíduos provenientes dos salões de beleza que não se enquadram nessa classe de resíduos se mostra uma boa alternativa na adsorção de corantes.

Com a realização deste trabalho, verificou-se que o cabelo humano apresenta potencial significativo como adsorvente, podendo ser visto como uma possível matéria-prima no processo de adsorção de corantes, como da Rodamina B, com eficiência de remoção de mais de 40% em menos de duas horas. As isotermas lineares e de Freundlich puderam ser utilizadas, sendo representativas do comportamento da solução e apresentaram comportamento linear em ambos os casos. Ensaios de análise elementar apresentaram resultados que destoam da literatura, o que pode ser relacionado ao tipo de cabelo analisado.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. J. *et al.* Human hair-derived high surface area porous carbon material for the adsorption isotherm and kinetics of tetracycline antibiotics. **Bioresource Technology**, n. 243, p. 778-784, 2017.

ANDRÉS, E. S. *et al.* Rapid thermal annealing effects on the structural properties and density of defects in SiO₂ and SiN_x: H films deposited by electron cyclotron resonance. **Journal of applied physics**, v. 87, n. 3, p. 1187-1192, 2000.

CHIARAMONTE, R. C.; CALHEIRO, D. Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos em um salão de beleza da cidade de São Leopoldo/RS. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 7, 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2016.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Brasileiros gastam mais de R\$ 20 bilhões por ano em salões de beleza**. Ago. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/2NzWpIY>. Acesso em: 17 ago. 2017.

FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y. Utilização da Rodamina B como Traçador na avaliação de deposição de agrotóxicos. **Embrapa Meio Ambiente: Separatas**. Jaguariúna, São Paulo, 2003.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport processes and separation process principles**. [s. l.]: Prentice - Hall, 2003.

HALAL, J. **Tricologia e a química cosmética capilar**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MIRANDA, R. Peruca S/A. **Super Interessante**, maio de 2014 Disponível em: <https://bit.ly/2O6LK7U>. Acesso em: nov. 2014.

REUSCH, W. **Infrared Spectroscopy**. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2O3GHES>. Acesso em: 6 dez. 2017.

SATISH, R. Macro porous carbon from human hair: A journey to wards the fabrication of high energy Li-ioncapacitors. **Electrochimica Acta**, n. 182, p. 474-481, 2015.

SILVA, G. E. H. *et al.* Comparação da capacidade de adsorção de Rodamina B por argilas natural e modificada. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 25-31, abr. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2QdR0cx>. Acesso em: 05 nov. 2017.

SILVA, W. L. *et al.* Photocatalytic degradation of rhodamine B, paracetamol and diclofenac sodium by supported titania-based catalysts from petrochemical residue: effect of doping with magnesium. **Water Science & Technology**, v. 74, n. 10, p. 2370-2383, 2016.

