



## Utilização de adsorventes naturais (pinha de *Pinus taeda*) no processo de remoção do corante laranja reativo

Wendell da Silva Santos<sup>1</sup> Raquel Dalla Costa da Rocha<sup>2</sup>

07 abr. 2015

Resumo – Entre os setores mais importantes da atividade industrial brasileira encontra-se a indústria têxtil, responsável, por descartes significativos de corantes. Deste modo, o trabalho tem como objetivo o estudo da eficiência das pinhas de *Pinus taeda* como adsorvente do corante Laranja Reativo. Para isso, foram avaliados a influência do pH da solução (2,6; 4,0 e 5,4) e da granulometria do adsorvente (16, 14 e 9 mesh) no processo de adsorção deste corante por meio de um planejamento experimental. Após essa avaliação foi realizado a modelagem cinética (pseudo 1ª ordem e pseudo 2ª ordem). As isotermas de adsorção foram representadas pelos dados de equilíbrio experimental para a pinha de *Pinus taeda* conforme modelos matemáticos. Pode-se observar que não houve resultados estatisticamente significativos nas faixas estudadas no planejamento fatorial. Contudo, nota-se uma tendência de adsorção em pH mais baixo. Na cinética houve rápida adsorção nos primeiros minutos, significando uma tendência à adsorção física. A modelagem cinética revelou que a equação de pseudo 2ª ordem forneceu os melhores ajustes, afirmando também que há uma parcela limitante de adsorção química ( $R^2=99,29\%$ ). Tratando-se das isotermas para o sistema em estudo, a modelagem de Langmuir forneceu o melhor ajuste dos dados experimentais de adsorção ( $R^2=99,58\%$ ), tendendo o alcance da saturação de 4,95 mg de corante/g de adsorvente. A partir dos resultados observados, esse resíduo agroindustrial pode ser utilizado como meio sequencial de tratamento de efluentes da indústria têxtil, porém o emprego de apenas esta técnica não cumpre os padrões estabelecidos pela legislação.

Palavras-chave: laranja reativo. planejamento experimental. modelagem. cinética. isotermas.

### 1. INTRODUÇÃO

Entre os oito setores mais importantes da atividade industrial brasileira encontra-se a indústria têxtil, sendo essa responsável por grande parte da economia nacional (CNI, 2011).

O Brasil está na lista dos principais mercados mundiais da indústria têxtil, bem como entre os

maiores parques fabris do planeta. O setor têxtil e de confecções do Paraná é responsável por cerca de 5 mil indústrias, de acordo com números divulgados recentemente pela Federação das Indústrias do Paraná (ABIT, 2014).

Os corantes reativos são os mais comuns na indústria têxtil por apresentarem características que

<sup>1</sup> [wendell@alunos.utfpr.edu.br](mailto:wendell@alunos.utfpr.edu.br), UTFPR Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Brasil.

<sup>2</sup> UTFPR Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Brasil.



possibilitam os tecidos adquirirem uma cor mais viva e brilhante, possuem também como característica a estabilidade da cor, facilitando assim a sua aplicação nos tecidos (UZUN, 2006). Os corantes reativos são os mais utilizados no Brasil para a coloração do algodão devido a sua reatividade com as fibras além da estabilidade da cor (GUARANTINI; ZANONI, 2000).

A fase de tingimento dos tecidos gera uma grande quantidade de efluentes, efluentes estes, que causam grandes impactos por sua variedade de composições químicas, chegando a conter compostos orgânicos e inorgânicos (HAI, et al. 2007). Para se tingir 1 kg de algodão com corantes reativos são necessários de 0,6 a 0,8 kg de Cloreto de Sódio (NaCl), 30 a 60 g de corante e 70 a 150 L de água (CHAKRABORTY; DAS GUPTA; BASU, 2005).

Esses corantes têm como propriedade ser altamente detectável em efluentes, mesmo em pequenas concentrações. Este comportamento apresenta vantagens e desvantagens, pois uma pequena quantidade lançada em rios pode causar uma acentuada mudança na coloração destes, fazendo com que seja facilmente detectada pela população, levando a uma fiscalização mais dura por parte dos órgãos que controlam os assuntos ambientais daquela determinada região (GUARANTINI; ZANONI, 2000).

A poluição dos rios por efluentes coloridos reduz a penetração de luz solar nos corpos, que, por sua vez reduz a atividade fotossintética reduzindo assim a concentração de oxigênio dissolvido, tornando o meio não propício aos seres vivos (ASGHER; AZIM; BHATTI, 2009).

Os efluentes provenientes da indústria têxtil devem passar por tratamento antes de serem descartados nos rios, devido a sua toxicidade aos ecossistemas aquáticos (KHOUNI; MARROT; MOULIN; AMAR, 2011). Os corantes reativos são considerados alérgenos (MOREAU; GOOSSENS. 2005) e, em condições específicas, são considerados mutagênicos e carcinogênicos (SCHNEIDER et al., 2004)

Existem diversos tipos de tratamentos para efluentes

das indústrias têxteis dentre estes se destaca a adsorção, que é a interação do soluto da fase líquida com a superfície das partículas da fase sólida, por resíduos agroindustriais (GUPTA, 2009) por serem considerado de baixo custo, abundantes e em estudos de adsorção tem se mostrado eficientes no processo de remoção de contaminantes (CHEN et al., 2010).

Essa remoção é influenciada pela participação de três fatores: a do meio (pH, temperatura e força iônica) a do adsorvato (tamanho do íon ou molécula, carga, presença de grupos funcionais, polaridade e concentração) e do adsorvente (tamanho da partícula, porosidade e grupos funcionais) (VOLESKY, 2007).

A maioria dos resíduos agroindustriais apresenta, entre outras substâncias, as húmicas, lignina, proteínas e pectinas, nas quais possuem grupos funcionais do tipo carbonila, carboxil, hidroxil, sulfatos, amina, amida, fosfatos entre outros. Sendo esses grupos funcionais responsáveis pelos principais sítios ativos para o processo de adsorção (DEMIRBAS et al., 2008).

Desta forma, é proposto o estudo das pinhas de *Pinus taeda* proveniente do reflorestamento como adsorvente do corante Laranja Reativo, com o intuito de determinar a quantidade máxima adsorvida a fim de verificar sua eficiência no processo de remoção do corante Laranja Reativo em efluentes oriundos das indústrias têxteis.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Curvas de calibração

As soluções de corante utilizadas foram preparadas a partir do corante comercial Laranja Reativo, fornecido pela indústria Texpal Química.

A determinação do comprimento de onda para o corante foi realizada por meio de varredura ao longo da faixa espectral por espectroscopia no ultravioleta – visível (UV/Vis) (Modelo SP2000UV). Para a curva de calibração do corante Laranja Reativo foi utilizado concentrações de 25, 50, 75 e 100 mg.L<sup>-1</sup>.



## 2.2. Adsorvente

Pinha de *Pinus taeda* foi utilizada no estudo como adsorvente. As pinhas foram coletadas no município de Palmas – PR, em área de reflorestamento de uma Indústria Madeireira. Foram lavadas com água destilada e secadas em estufa (Modelo MA 033/31/NET) até peso constante em temperatura de 60o C. As pinhas secas foram moídas em moinho de facas (Tipo Wyllie Micro - TE 650) e classificadas granulometricamente por meio de peneira sob agitação mecânica (Modelo MAQ 1618, série 0010).

## 2.3. Influência das variáveis independentes na capacidade de adsorção do corante têxtil em sistema batelada

Um planejamento fatorial foi feito para avaliar a influência do pH da solução e da granulometria do adsorvente. Para isso foram utilizados valores distintos de pH da solução (2,6; 4,0 e 5,4) e da granulometria do adsorvente (16, 14 e 9 mesh), os principais testes utilizados serão o teste Q e teste F.

Os ensaios foram conduzidos em triplicata, em frascos Erlenmeyer contendo 50 mL da solução com concentração 100 mg.L<sup>-1</sup> de corante e 0,2 g de adsorvente, sob agitação constante (125 rpm) em Shaker de bancada (Modelo SL222), com tempo de contato de 15 minutos. O pH da solução foi ajustado pelo método potenciométrico, pela adição de ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH).

A quantidade dos corantes adsorvidos foi determinada pela diferença entre a concentração inicial do corante e a concentração do corante em equilíbrio na solução, determinado por leituras espectroscópicas ultravioleta – visível e pela equação da reta obtida a partir da curva de calibração.

## 2.4. Modelagem cinética de adsorção

Foram preparadas soluções padrões (100 mg.L<sup>-1</sup>) de corante com volume de 50 mL e massa de adsorvente (0,2 g). Em intervalos de tempo pré-determinados foi retirado uma alíquota para análise da concentração da solução corante remanescente por meio de análises espectroscópicas. Todos os procedimentos foram

realizados em triplicata.

A cinética dos processos de adsorção do corante foi modelada utilizando equações de pseudo 1ª ordem e pseudo 2ª ordem.

A equação de 1ª ordem descreve o processo de adsorção em sistemas líquido-sólido e se baseia na capacidade do sólido (HO, 2004).

O modelo esta representado pela equação 1 (HO; MCKAY, 1998).

$$q_t = q_1 (1 - e^{-k_1 t}) \quad (1)$$

Sendo:

- k1 a constante da taxa de adsorção do modelo pseudo primeira ordem (min.<sup>-1</sup>)
- q1 quantidade adsorvida de corante no equilíbrio (mg.g<sup>-1</sup>)
- qt quantidade adsorvida de corante no instante de tempo t (mg.g<sup>-1</sup>).

O modelo de 2ª ordem (equação 2) baseia-se na capacidade de adsorção no equilíbrio e assume que a velocidade de adsorção é diretamente proporcional ao quadrado de sítios disponíveis (HO; MCKAY, 1998).

$$\frac{1}{(q_2 - q_t)} = \frac{1}{q_2} + k_2 t \quad \text{eq.2}$$

Sendo:

- k2 a constante da taxa de adsorção de pseudo segunda ordem (g.mg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>)
- q2 a quantidade de adsorvato adsorvida no equilíbrio (mg.g<sup>-1</sup>)
- qt a quantidade adsorvida no instante de tempo t (mg.g<sup>-1</sup>)

## 2.5. Isotermas de adsorção

Amostras contendo diferentes concentrações iniciais (25 – 100 mg.L<sup>-1</sup>), volume de 50 mL em frascos Erlenmeyers e massas constantes de adsorvente (0,2 g) foram submetidos sob agitação controlada de 125 rpm. O pH da solução e a granulometria do adsorvente foram definidos no planejamento experimental como os melhores encontrados na remoção do corante pela pinha. Após o tempo de



equilíbrio determinada pela etapa cinética, alíquotas da solução de corante de cada frasco foram retiradas e quantificadas por meio de leitura de absorbância no espectrofotômetro ultravioleta – visível, possibilitando o cálculo de concentração da solução.

As isotermas de adsorção utilizadas para representar os dados de equilíbrio experimental para a pinha de *Pinus taeda* foram os modelos de Langmuir e Freundlich.

De acordo com Foo e Hameed (2010), a isoterma de Langmuir descreve a adsorção em sítios específicos e homogêneos do adsorvente, assumindo uma adsorção em monocamada (equação 3).

$$q_e = \frac{q_{\max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (3)$$

Em que:

- $q_e$ : Quantidade de corante adsorvida no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ )
- $C_e$ : Concentração do corante na fase aquosa em equilíbrio ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
- $q_{\max}$ : Capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg.g}^{-1}$ )
- $K_L$ : Constante de Langmuir relacionada com a energia de adsorção ( $\text{L.mg}^{-1}$ )

A equação de Freundlich descreve sistemas heterogêneos da superfície do adsorvente, admitindo-se uma adsorção em multicamadas (equação 4). As constantes serão determinadas conforme descrito por Elemen et al. (2012) e Argun et al. (2014):

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (4)$$

Em que:

- $C_e$ : Concentração de corante em equilíbrio ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
- $q_e$ : Quantidade de corante adsorvida no equilíbrio ( $\text{mg.g}^{-1}$ )
- $K_f$ : Constante de Freundlich - capacidade de adsorção do adsorvente
- $1/n$ : Constante de Freundlich relacionada com a heterogeneidade da energia sistema e do tamanho da molécula adsorvida (adimensional).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em projetos de pesquisas, a curva de calibração serve como ponto de partida, servindo como referencial em um determinado estudo, por meio dela é possível descobrir a equação da reta e o R2, a partir disso é

possível seguir com os estudos posteriores. A equação da reta fará com que tenhamos a possibilidade de calcularmos as concentrações por meio da absorbância medida no espectro UV – Vis, conseqüentemente a quantidade removida de corante Laranja Reativo das amostras estudadas. A representação da curva de calibração para o corante Laranja Reativo pode ser observada na Figura 01.

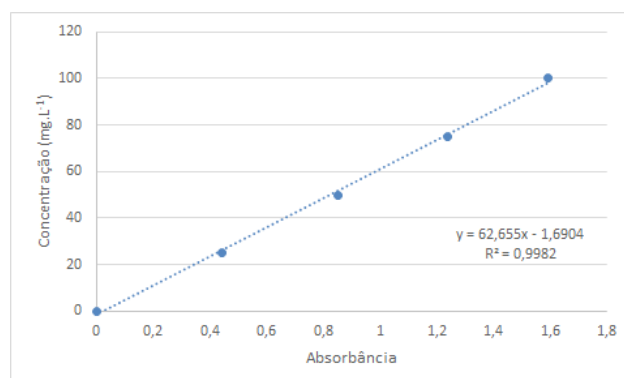


Figura 01 – Curva de calibração do corante Laranja Reativo para as concentrações de 0 a 100  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Pode-se observar que a curva de calibração está na forma linear com os pontos obtidos das diferentes concentrações de soluções do corante Laranja Reativo, e que a margem de erro foi pequena considerando o ajuste do modelo linear de 99,8%.

O Planejamento Experimental é do tipo 2K, onde o K é o número de fatores a serem variados, no caso variou-se o pH e a granulometria, tendo oito experimentos como total. Varia-se os extremos e o ponto central deixa-se fixo nos servindo como referencial. Os resultados obtidos estão descritos na tabela 1.

Tabela 01 – Planejamento experimental tendo como fatores o pH e a granulometria.

pH	Granulometria (mesh)	Absorbância	Concentração ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Remoção ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
2,6	16	1,076	65,73	21,54
2,6	9	1,066	65,10	22,29
5,4	16	1,230	75,38	12,76
5,4	9	1,238	75,88	12,18
4,0	14	1,337	82,08	12,02
4,0	14	1,377	84,58	9,33
4,0	14	1,369	84,08	9,87
4,0	14	1,359	84,08	10,94

Nas faixas estudadas no planejamento fatorial não houve resultados estatisticamente significativos. Na



Tabela 2 (Tabela ANOVA) é possível observar o p-valor, nível de significância. Para um fator ser estatisticamente significativo o p-valor deve sempre estar compreendido entre 0% até 5%, neste estudo não foi encontrado nenhum valor entre o nível de significância que os fatores foram descritos, porém houve uma maior tendência a significância do pH quando observado o seu p-valor 12,13%.

Tabela 02 – Tabela ANOVA para a verificação das variáveis significativas por meio do p-valor.

Fatores	Soma dos Quadrados	Grau de liberdade	Média Quadradas	Teste F	p-valor
pH (X1)	89,1472	1	89,14716	3,846954	0,121364
Granulometria (X2)	0,007	1	0,00704	0,000304	0,986928
Interação X1.X2	0,4409	1	0,44093	0,019027	0,896953
Resíduo	92,6938	4	23,17344		

A Figura 02 apresenta as Curvas de Contorno do planejamento experimental do processo de adsorção do corante laranja reativo utilizando pinha de *Pinus taeda* para as variáveis de entrada (pH da solução e granulometria do adsorvente).

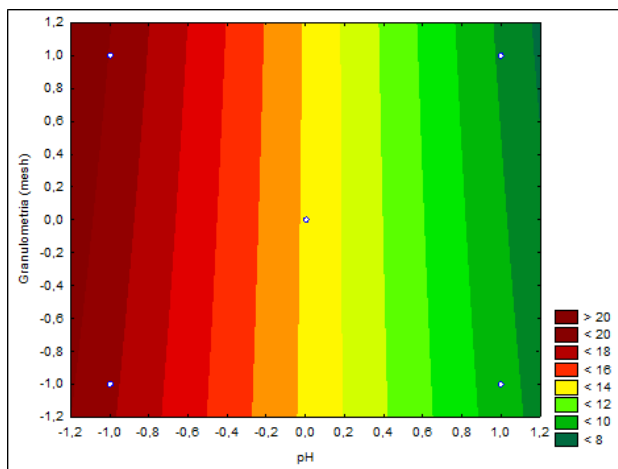


Figura 02 – Curvas de Contorno do planejamento experimental do processo de adsorção do corante laranja reativo utilizando pinha de *Pinus taeda* para os fatores pH e Granulometria.

Observa-se uma tendência de maior adsorção em pH mais baixo para qualquer granulometria estudada, tendência confirmada pelos valores obtidos pelo valor p da tabela ANOVA. Dessa forma, modelagem cinética e nos estudos das isotermas de adsorção para esse estudo, serão realizados com solução de pH 2,6. A cinética tem como objetivo principal determinar o tempo de adsorção máxima e a modelagem determinar as equações de ordem, determinando por

meio das equações de ordem se ocorre um fenômeno físico ou um fenômeno químico no processo.

A figura 3 mostra a cinética de adsorção do corante Laranja Reativo usando como adsorvente a pinha de *Pinus taeda*. Por meio da cinética de adsorção será possível determinar o ponto de equilíbrio da adsorção.

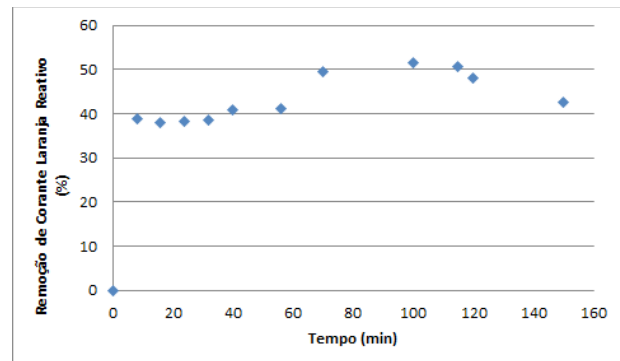


Figura 03 – Estudo cinético da adsorção do corante Laranja Reativo utilizando como adsorvente a pinha de *Pinus taeda*.

Pode-se observar que houve uma rápida adsorção (40%) nos primeiros minutos significando que há uma tendência a uma adsorção física. Em uma adsorção química ocorreria uma adsorção gradual, porém, não podemos afirmar este fenômeno somente por esta observação. A estabilização do processo ocorreu em 100 min onde se obteve 51% de remoção do corante Laranja Reativo. A modelagem cinética revelou que a equação de pseudo 2ª ordem forneceu os melhores ajustes ( $R^2=99,29\%$ ), afirmando também que há uma parcela limitante de adsorção química (CHEN, et al., 2010), a velocidade da reação também depende da concentração dos íons no adsorvente e da concentração durante o equilíbrio.

A Figura 4 descreve o estudo das isotermas de adsorção para os modelos de Langmuir e Freundlich além dos valores experimentais.

Observa-se que a isoterma de Langmuir, da qual representa um fenômeno físico, forneceu os melhores ajustes dos dados experimentais de adsorção ( $R^2=99,58\%$ ) a discrepância entre os  $R^2$  de Langmuir e Freundlich ( $R^2=89,77\%$ ) nos possibilita afirmar que a isoterma de Langmuir se adequou melhor ao processo, nos fornecendo a comprovação do fenômeno físico.

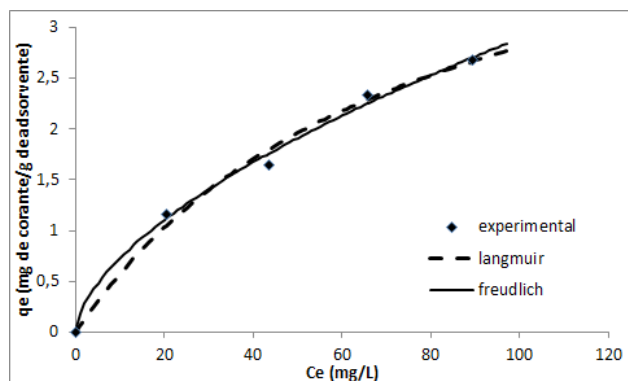


Figura 04 – Isothermas de adsorção do Laranja Reativo em adsorvente de pinha (*Pinus taeda*).

A capacidade de adsorção aumenta com a concentração de íons na solução, tendendo ao alcance da saturação, tendo para este estudo uma adsorção máxima ( $q_{máx}$ ) de 4,95 mg de corante por grama de adsorvente.

O estudo mostrou uma similaridade na modelagem cinética e no estudo isotérmico, se comparado com outros estudos, como de Fungaro, Carvalho e Izidoro (2010), em que na modelagem cinética, a pinha de *Pinus taeda* se estabilizou aos 100 min e nos estudos destes autores a Zeólita Sintética teve sua estabilização aos 120 min., os dois adsorventes concordaram com o modelo de pseudo 2ª ordem para a cinética e tiveram ajustes para isoterma de Langmuir. A pinha de *Pinus taeda* foi proposta como

adsorvente natural, de baixo custo, se mostrando mais eficiente na adsorção do corante Laranja Reativo do que as Zeólitas Sintéticas que mostraram uma capacidade de adsorção máxima de apenas 1,14 mg de corante por grama de adsorvente. Estudos de Araújo et al., (2014) com semente de melão apresentaram resultados semelhantes para o Laranja reativo, ajuste de pseudo 2ª ordem para a cinética e de Langmuir para isothermas. Porém apresentou valor máximo de adsorção de 55,07 mg/g.

#### 4. CONCLUSÃO

Corantes são moléculas complexas e de difícil remoção de efluentes industriais, sendo a maioria das indústrias têxteis dotadas de tratamentos biológicos de efluentes não atingindo muitas vezes os padrões estabelecidos pela legislação. Dessa forma, o resíduo agroindustrial da pinha de *Pinus taeda* pode ser utilizado como meio sequencial deste tratamento, pois possui uma cinética rápida de adsorção e mecanismo físico, podendo ser reutilizado novamente após processo de dessorção.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

## Use of natural adsorbents (cone of *Pinus taeda*) in the removal process of orange reactive dye

Abstract – Among the major sectors of the Brazilian industrial activity there is the textile industry, responsible for significant discharges of dyes. Therefore, this study aims to observe the efficiency of cones of *Pinus taeda* as adsorbent of dye Reactive Orange. Thereby, it was assessed the influence of the pH of the solution (2.6; 4.0 and 5.4) and the adsorbent's particle size (16, 14, 09 mesh) in the dye adsorption process through an experimental design. After the evaluation study, the kinetic modeling (pseudo 1st order and pseudo 2nd order) was performed. The adsorption isotherms were represented from experimental data for the balance of pine cone as mathematical models. It could be observed that there were no statistical significant results in the studied ranges in the factorial design; however, a trend of adsorption could be noted in lower pH. In kinetics, the adsorption was fast in the first minutes, which means a physical adsorption tendency. The kinetic modeling showed that pseudo 2nd order equation provided better fit, also affirming that there was a limiting amount of chemical adsorption ( $R^2 = 99.29\%$ ). With regard to the isotherms for the system under study, the Langmuir's model provided the best fit of the experimental adsorption data ( $R^2 = 99.58\%$ ), tending the reach of saturation of 4.95 mg of dye/g of adsorbent. In this way, this residue can be used as a



way of treatment of effluents from the textile industry but the use of this technique only does not reach the standards set out by law.

Keywords: reactive orange. modeling. experimental design. kinetic. isotherms.

## REFERÊNCIAS

- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Disponível em: [www.abit.org.br](http://www.abit.org.br), acessado em 20/10/2014.
- ARAÚJO, L.G.S.; LEOCADIO, A.N.C.; CARLOS, T.A.V.; FARIAS, F.B.P.F.; PEREIRA, J.N.N.; SANTOS, Z.M. **Estudo Cinético e Isotérmico da Adsorção do Corante Laranja Reativo 3R MR utilizando Sementes de Melão (*Cucumis melo* L.) como Adsorvente**. In: 54. Congresso Brasileiro de Química. Anais.. Natal – RN, 11/2014.
- ARGUN, M. E.; GÜCLÜ, D.; KARATAS, M. Adsorption of Reactive Blue 114 dye by using a new adsorbent: Pomelo peel. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, n. 3, p. 1079–1084, 2014.
- ASGHER, M.; AZIM, N.; BHATTI, H. N. Decolorization of Practical Textile Industry Effluents by White Rot Fungus *Coriolus versicolor* IBL-04. **Biochem. Engin. J.**, v. 47, p. 61-65, 2009.
- CHAKRABORTY, S.; DE, S.; DAS GUPTA, S.; BASU, J. K. Adsorption Study for the Removal of a Basic Dye: Experimental and Modeling. **Chemosphere**, v. 58, n. 8, p. 1079–1086, 2005.
- CHEN, S.; ZHANG, J.; YUE, Q.; LI, Y.; LI, C. Equilibrium and Kinetic Studies of Methyl Orange and Methyl Violet Adsorption and Activated Carbon Derived from *Phragmites australis*. **Desalination**, v. 252, p. 149–156, 2010.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indicadores Industriais**. Informativo, v. 22, n. 5, 2011.
- DEMIRBAS, E.; KOBYA, M.; SULAK, M. T. Adsorption Kinetics of a Basic Dye on Aqueous Solutions onto Apricot Stone Activated Carbon. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 5368–5373, 2008.
- ELEMEN, S.; AKÇAKOCA KUMBASAR, E. P.; YAPAR, S. Modeling the adsorption of textile dye on organoclay using an artificial neural network. **Dyes and Pigments**, v. 95, n. 1, p. 102–111, 2012.
- FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. **Chemical Engineering Journal**, v. 156, n. 1, p. 2–10, 2010.
- FUNGARO, D. A.; CARVALHO, T. E. M.; IZIDORO, J. C.. Adsorção do corante Reativo Laranja 16 de soluções aquosas por Zeólita Sintética. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 358–363, 2010.
- GUPTA, V. K.; SUHAS. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 2313–2342, 2009.
- HAI, F. I.; YAMAMOTO, K.; FUKUSHI, K. Hybrid treatment system for dye wastewater. **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.**, v. 37, p. 315–377, 2007.
- HO, Y.-S. Citation review of Lagergren kinetic rate equation on adsorption reactions. **Scientometrics**, v. 59, n. 1, p. 171–177, 2004.
- HO, Y.-S.; MCKAY, G. Sorption of dye from aqueous solution by peat. **Chemical Engineering Journal**, v. 70, p. 115–124, 1998.
- KHOUNI, I.; MARROT, B.; MOULIN, P.; AMAR, R. B., Decolorization of the Reconstituted Textile Effluent by Different Process Treatments: Enzymatic Catalysis, Coagulation/Flocculation and Nanofiltration Processes. **Desalination**, v. 268, p. 27–37, 2011.
- MOREAU, L.; GOOSSENS, A. **Contact Dermatitis**. 2005, p. 23–71.
- SCHNEIDER, K; HAFNER, C; JAGER, I. **J. Appl. Toxicol.** 2004, p. 24–83.
- UZUN, I. **Dyes Pigm.** 2006, p. 70–76.
- VOLESKY, B. Biosorption and me. **Water Research**, v. 41, p. 4017–4029, 2007.



Correspondência:

Wendell da Silva Santos

wendell@alunos.utfpr.edu.br, UTFPR Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Brasil.

Recebido: 30/07/2014

Aprovado: 07/04/2015

Como citar: SANTOS, Wendell da Silva; ROCHA, Raquel Dalla Costa da. Utilização de adsorventes naturais (NBR 6023) (pinha de *Pinus taeda*) no processo de remoção do corante laranja reativo. **Syn. Scy. UTFPR**, Pato Branco, v. 10, n. 1, p. 123–130, jan./mar. 2015. ISSN 2316-4689 (Eletrônico).

Artigos convidados da SIMTEQ 2014, Pato Branco-PR. Disponível em:  
<<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOI: “em processo de registro”

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.