



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

## Caracterização de Efluente Têxtil Tratado por Adsorção com Adsorvente Residual Gerado na Indústria de Alumínio

ROSSI, T. R. <sup>a\*</sup>, TANAKA, Y. H. <sup>a</sup>, CANO, V. <sup>a</sup>, ANDRADE, H. <sup>a</sup>, MIYADAHIRA, C. A. G. <sup>a</sup>,  
NOLASCO, M. <sup>a</sup>, COSTA, S. M. <sup>a</sup>, COSTA, S. A. <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

\*Corresponding author, [ticiane@usp.br](mailto:ticiane@usp.br)

### Resumo

A indústria têxtil utiliza grandes quantidades de corantes sintéticos no processo de beneficiamento têxtil. A geração de corante não fixado nos substratos têxteis contribui para a poluição dos efluentes. Para se adequar à legislação e às estratégias de Produção mais Limpa, a indústria têxteis vem buscando alternativas sustentáveis para o tratamento de efluentes. Um material pouco explorado, mas com potencial de uso como adsorvente para remoção de cor de efluentes têxteis, é o resíduo gerado no processo de filtração do óleo usado na laminação de chapas de alumínio. Para que a indústria têxtil utilize este resíduo, uma avaliação da caracterização de seu comportamento torna-se necessária. Foi utilizado um efluente têxtil composto por corante solophenyl red 3BL e aditivos químicos usados comumente pela indústria têxtil. Os experimentos foram realizados utilizando 20 g do resíduo para adsorver a cor de 500 mL do efluente durante 30 minutos, sob agitação de 300 Rpm, com pH ajustado para 4 com ácido clorídrico. O efluente foi filtrado em funil de Buckner, centrifugado e o líquido recuperado para avaliação físico-química. Foram avaliadas as absorvâncias em 280 e 531 nm, o pH, a Demanda Química de Oxigênio (DQO), alguns ânions presentes no efluente bruto e no efluente tratado. Os resultados mostraram que o pH do efluente tratado se mantém a 4 após adsorção. A redução da absorvância em 280 nm indicou possível redução dos compostos aromáticos e a absorvância em 531 nm indicou 95 % da remoção da cor da cor do efluente. A DQO do efluente tratado em relação ao efluente bruto apresentou redução de 64,1 %. Os íons do efluente apresentaram elevado teor de íons cloreto e sulfato e redução de íons fosfato em relação ao efluente bruto. Conclui-se que o adsorvente gerado do resíduo da indústria de alumínio estudado, pode ser um adsorvente utilizado para tratamento de efluentes pela indústria têxtil. O aumento de íons sulfato no efluente tratado pelo adsorvente levanta a necessidade de futuros estudos que demonstrem o potencial de reuso da água tratada.

*Palavras-chave: adsorvente, indústria têxtil, indústria de alumínio, efluente têxtil, resíduo.*

### 1. Introdução

A indústria têxtil é apontada como um dos processos que mais geram poluentes, contribuindo quantitativa e qualitativamente para a poluição do meio ambiente, especialmente mediante ao descarte de corantes em efluentes que não são corretamente tratados (FERNANDES, 2016). Além disso, de acordo com Yang et al. (2015), o processo de tingimento têxtil é caracterizado por alto consumo de água e alta descarga de águas residuais coloridas com alta DQO e cargas inorgânicas, tornando-se uma das principais fontes de graves problemas de poluição em todo o mundo. O

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24<sup>th</sup> to 26<sup>th</sup> - 2017

tratamento de efluentes e reciclagem da água podem prover um papel significativo na redução e poluição dos rejeitos e no processo de reuso da água (KHATRI et al., 2015).

Historicamente, as iniciativas ambientais da indústria têxtil centraram-se na prevenção da poluição. Estas foram normalmente reações à pressão da legislação, visando a redução do efluente têxtil gerado no processo de beneficiamento têxtil (preparação, tingimento, acabamento). Geralmente, os interesses da indústria visavam a remoção da cor, os elevados níveis de eletrólitos, de substâncias tóxicas (tais como metais e materiais não fixados nos substratos têxteis) e agentes potencialmente cancerígenos no efluente têxtil. Estas preocupações lideraram várias políticas regulatórias que reduziram os processos de manufatura e aplicação de processamento têxtil que geravam efluentes têxteis ambientalmente inaceitáveis e causadores de riscos à saúde humana (Rossi et al., 2017). Os impactos destes efluentes são negativos para a fotossíntese das plantas e para a vida aquática, devido a redução da penetração da luz nos corpos aquáticos e seu consumo de oxigênio. Portanto, antes de ser descartado, o efluente colorido da indústria têxtil deve ser tratado (HOLKAR et al., 2016).

No Brasil, os parâmetros e limites a serem obedecidos para o Padrão de Emissão foram estabelecidos na Lei do Estado de São Paulo 997 de 31.05.76, aprovado pelo Decreto 8468 de 08.09.76 e também na Resolução Federal CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357 de 17.03.05 e complementados pela Resolução nº430/2011. Os padrões quantitativos usuais de referência para a indústria têxtil são definidos em função das variáveis: vazão, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos em Suspensão (SS), pH e temperatura. O controle desses parâmetros visa portanto a redução dos impactos originados durante os processos do beneficiamento na indústria têxtil.

A adsorção, física ou química, é um fenômeno em que o soluto é retirado de uma fase e acumulado na superfície da segunda fase. O material adsorvido é denominado adsorbato. O material em que se processa a adsorção é o adsorvente. O processo de tratamento de efluentes têxteis envolvendo a adsorção é uma das técnicas físico-químicas considerada bem mais eficaz em relação aos métodos convencionais e de custos relativamente moderados em relação às novas técnicas de tratamento de efluentes. Ademais, a adsorção constitui uma alternativa tecnológica extremamente importante, principalmente pela possibilidade do uso de adsorventes de baixo custo em processos de controle de poluição. Visa-se, portanto, medir os mecanismos engendrados nas indústrias têxteis para a redução dos impactos originados durante os processos do beneficiamento têxtil.

O reaproveitamento de resíduos é uma das possíveis estratégias utilizadas pela indústria têxtil para se adequar à Produção mais Limpa. Um resíduo, até então pouco explorado na indústria têxtil, pode ser reaproveitado como adsorvente para o tratamento de efluentes residuais gerados no processo de beneficiamento têxtil. Este resíduo é gerado da filtração do óleo utilizado na laminação de chapas de alumínio. Atualmente o resíduo não possui uso definido, sendo seu tratamento antes do descarte a única alternativa encontrada pela empresa geradora, o que representa um custo importante. Da Silva (2008) ), utilizando este resíduo, comprovou sua eficiência, com remoções de cor maiores de 80 %, demonstrando a capacidade adsorção de corantes reativo e direto.

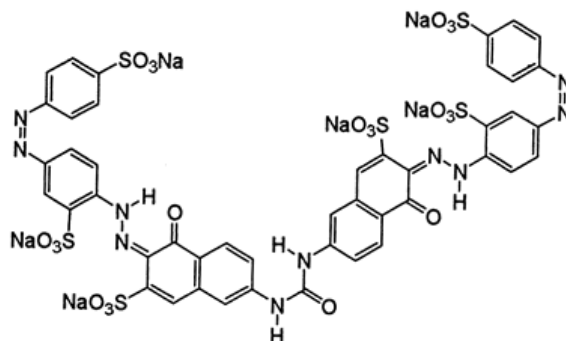
Neste estudo a caracterização físico-química de um efluente gerado no tingimento de algodão usando um corante direto, solophenyl red 3BL, C.I. 35780 e da solução obtida após o tratamento por esse adsorvente da indústria de alumínio, foram avaliados.

## 2. Métodos

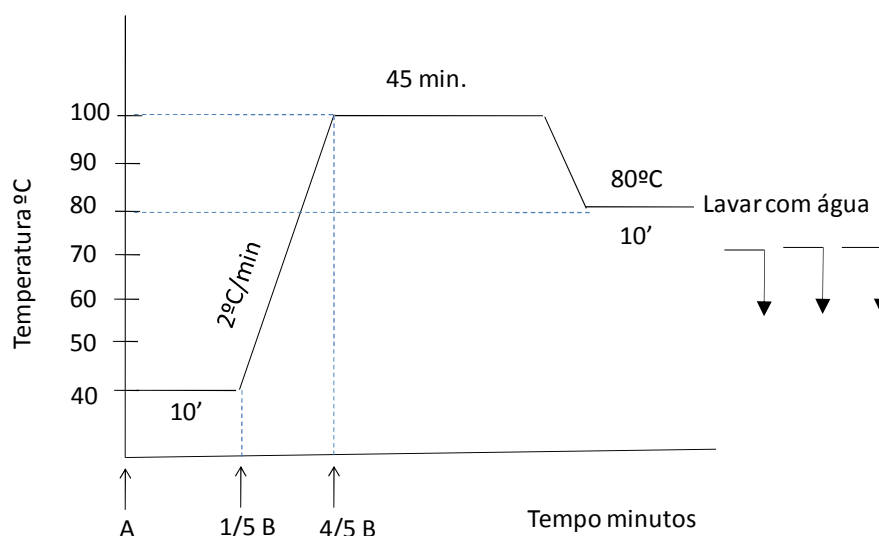
O efluente têxtil utilizado no estudo foi gerado no tingimento de tecido plano com composição de 100 % algodão utilizando processo por esgotamento em High Temperature (HT). Utilizou-se um corante direto, solophenyl red 3BL, C.I. 35780, fornecido pela empresa Huntsman Brasil Ltda., com aditivos químicos apresentados na Tabela 1. A fórmula do corante pode ser visualizada na Figura 1. A relação de banho foi 1:30 e o processo de tingimento está apresentado na Figura 2. Ao final do processo de tingimento, os tecidos foram lavados três vezes, com mesma relação de banho que do tingimento, pela seguinte seqüência, a temperatura ambiente, a quente (40°C durante 20 min) e novamente a temperatura ambiente.

Tab. 1 – Reagentes utilizados no tingimento para geração do efluente têxtil que foi estudado.

Reagentes	Concentração
A Corante solophenyl red 3BL	1 %
A Umectante cibaflow jet	2 g.L <sup>-1</sup>
A Sequestrante delinol 159	2 g.L <sup>-1</sup>
B Cloreto de sódio	4,5 g.L <sup>-1</sup>



**Fig. 1** – Estrutura do corante solophenyl red 3BL, C.I. 35780. (Fonte: Worldchem Trading Corporation, 2017).



**Fig. 1** – Processo de tingimento usado para geração do efluente estudado. “A” é o corante, umectante e sequestrante, “B” é o cloreto de sódio.

O resíduo reaproveitado como adsorvente foi fornecido pela Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), do Grupo Votorantim, na cidade de Alumínio, São Paulo. O resíduo é uma terra argilosa obtida no processo de filtragem de óleo utilizado na laminação de chapas de alumínio. O resíduo coletado foi tratado pela empresa, por calcinação: a 150 °C por 1 hora, 250 °C por 1 hora, 350 °C por 1 hora, 450 °C por 1 hora, 550 °C por 1 hora, 650 °C por 1 hora e 750 °C por 2 horas. A calcinação teve por objetivo eliminar o óleo lubrificante, um hidrocarboneto desaromatizado, como forma de tratamento e disposição do resíduo.

O processo de adsorção utilizou 20 g do adsorvente, adicionados em 500 mL do efluente em um béquer de 1000 mL. O pH da solução foi ajustado para 4 com adição de ácido clorídrico. Durante 30

minutos a solução permaneceu sob agitação de 300 Rpm em uma placa de agitação. Em seguida, a solução foi filtrada em funil de Buckner, utilizando-se malha plástica para reter o resíduo e separá-lo do efluente. A seguir, o efluente foi centrifugado durante 30 segundos a 1000 Rpm e o líquido recuperado foi caracterizado.

As medidas de pH foram realizadas pelo método potenciométrico, através de pHmetro. A absorbância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 280 nm, o qual é característico a absorção de compostos aromáticos com substituintes que apresentam ligações duplas, como é o caso do corante utilizado. A avaliação da remoção da cor das amostras foram medidas em 531 nm, comprimento máximo de absorção da cor deste efluente avaliado. As avaliações foram realizadas em duplicatas. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) do efluente bruto (antes do tratamento) e dos efluentes tratados (após adsorção) foi determinada pelo método de refluxo fechado, utilizando-se um espectrofotômetro (DR5000, Hach). A série de ânions analisados foram Cl, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> e PO<sub>4</sub> utilizando cromatógrafo de íons 930 Compact IC Flex Metrhom, com metodologias descritas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005).

A eficiência de remoção de cor e DQO foi calculada pela equação 1 (BEZERRA et al., 2015):

$$(A_i - A_f / A_i) \times 100 \quad (1)$$

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados das caracterizações físico-químicas do efluente bruto e do efluente tratado são apresentados na Tabela 2.

**Tab. 2** – Média dos resultados da caracterização físico-química do efluente bruto e do efluente tratado pelo adsorvente.

Parâmetros avaliados	Efluente bruto	Efluente tratado
pH	7,34	3,98
Absorbância 280 nm	0,6641	0,0079
Absorbância 531 nm	1,0439	0,0512
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	433,7	155,6
Cl (mg.L <sup>-1</sup> )	655,1	805,6
PO <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	10,5	6,2
NO <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	4,3	4,6
SO <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	1,6	284,5

Os resultados da Tabela 2 mostram que a remoção dos compostos aromáticos, na absorbância de 280 nm, e a remoção da cor do efluente, na absorbância de 531 nm, foi de 88,2 % e 95 % respectivamente. A redução da absorbância no comprimento de onda de 280 nm é um indício de que os compostos aromáticos podem haver sido degradados. No entanto, para uma avaliação conclusiva, estudos futuros devem ser conduzidos para caracterizar este efluente obtido após o tratamento estudado.

O pH do efluente tratado manteve-se a 4, ácido. Para atendimento aos padrões de lançamento direto em corpo receptor, previstos na legislação federal, demanda-se correção do pH para enquadramento entre 5 e 9.

A DQO do efluente tratado em relação ao efluente bruto apresentou redução de 64,1 %. A DQO é um parâmetro indispensável na caracterização dos efluentes industriais, uma vez que sua presença em corpos naturais pode resultar em impactos na qualidade da água, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido, culminando na morte da fauna aquática. Neste caso, a redução da DQO indica que o adsorvente possui potencial para adsorção de compostos orgânicos presentes no efluente têxtil avaliado.

Em relação ao efluente bruto, a determinação de ânions revelou elevados teores de cloreto, típico de

efluentes gerados por tingimentos têxteis, e de sulfato. Houve uma redução do fosfato, que potencialmente foi adsorvido pelo meio. Quanto à concentração de nitrito, não se observou alteração entre o efluente bruto e tratado. E o nitrato não foi detectado.

O aumento da concentração de sulfato no efluente tratado pode ter sido causado por possível contaminação prévia do resíduo utilizado, tendo o sulfato ocupado os sítios ativos do adsorvente. Em adsorventes naturais, como o solo, o sulfato adsorvido pode ser completamente deslocado por outro íon de maior afinidade com o adsorvente (POZZA et al, 2007). Nesse sentido, é possível que, durante o tratamento, compostos com maior afinidade com o resíduo adsorvente, como o fosfato ou o Corante solophenyl red 3BL, que é um corante aniônico, podem ter deslocado o sulfato, resultando em sua liberação na fase líquida. Além disso, ressalta-se que a mineralização do solophenyl red 3BL resulta na liberação de sulfato e nitrato (MAHMOODI et al, 2007). No entanto, no presente estudo nenhum processo oxidativo foi utilizado e não foi detectada presença de nitrato no efluente tratado.

A presença do sulfato no efluente pode comprometer a viabilidade de reuso para processos industriais, pois o mesmo pode ocasionar incrustações e corrosão, devido a formação de ácido sulfúrico (PIVELI E KATO, 2006). Portanto, sugere-se que, em estudos futuros, o potencial de reuso do efluente tratado por adsorção seja avaliado para o processo de tingimento têxtil, levando-se em conta estratégias para redução da concentração de sulfato.

#### 4. Considerações finais

O resíduo gerado no processo de filtração do óleo usado na laminação de chapas de alumínio possui potencial como adsorvente, havendo removido 95 % da cor do efluente têxtil avaliado. Além disso, reduziu 64,1 % de DQO em relação ao efluente original. Em termos de qualidade de água, o pH e a presença de elevados teores de íons cloreto e sulfato tornam a água inadequada em relação aos parâmetros de lançamento exigidos pela legislação. Sugere-se que, em estudos futuros, que o potencial do reuso do efluente tratado pelo adsorvente seja avaliado no próprio processo de tingimento têxtil que gerou o efluente.

#### Referências

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

BEZERRA, K. C. H.; COSTA, S. M.; COSTA, S. A. Degradação fotoquímica com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV como alternativa de tratamento de efluentes têxteis tintos com corante reativo amarelo Drimaren CL-2R e reuso da água nos processos de tingimento. **Química Têxtil**, v. 120, p. 62-73, 2015.

DA SILVA, T. C. Avaliação dos resíduos argiloso proveniente da indústria do alumínio como adsorvente de corantes têxteis. 2008.

FERNANDES, F. H. Potencial toxicogenômico e carcinogênico de efluentes da indústria têxtil e dos corantes Disperse Red 1 e Disperse Blue 291 em roedores. 2016.

HOLKAR, C.R. et al. A Critical Review on Textile Wastewater Treatments: **Possible Approaches Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351-366. 2016.

KHATRI, A.; PEERZADA, M.H.; MOHSIN, M., WHITE, M. A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution. **Journal of Cleaner Production**, v.87, pp. 55-57, 2015.

MAHMOODI, N. M. et al. Nanophotocatalysis using nanoparticles of titania: Mineralization and finite element modelling of Solophenyl dye decolorization. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. v. 189(1), pages 1-6, 2007.

POZZA, A. et al. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo.

Pesquisa Agropecuária Brasileira. V. 42, n. 11, 2007.

ROSSI, T. et al. Waste from eucalyptus wood steaming as a natural dye source for textile fibers. **Journal of Cleaner Production**. v. 143, Pages 303–310. 2017.

WORLDICHEM TRADING CORPORATION. Solophenyl Red 3BL. 2017. Disponível em: <http://dyeschemical.com/solophenyl-red-3bl/> Acesso em: 12 de fevereiro 2017.

YANG, Cheng et al. Advanced treatment of textile dyeing secondary effluent using magnetic anion exchange resin and its effect on organic fouling in subsequent RO membrane. **Journal of hazardous materials**, v. 284, p. 50-57, 2015.