

## ESTUDO SOBRE TOXICIDADE DO EFLUENTE E DO CONSUMO HÍDRICO E ENERGÉTICO NO TINGIMENTO DE POLIAMIDA

Vanessa Silva G. Garcia<sup>1</sup>

Maria Conceição Pereira<sup>2</sup>

Jorge Marcos Rosa<sup>3</sup>

Sueli Ivone Borrelly<sup>4</sup>

### Química Ambiental

### RESUMO

O estudo concentrou-se na determinação do consumo hídrico e energético durante o tingimento da poliamida, bem como na avaliação do efeito tóxico do efluente para o microcurstáceo *Daphnia similis*. O processo de tingimento necessário para o tingimento de um quilograma de substrato consome energia suficiente para um banho de nove horas de duração utilizando-se um chuveiro convencional (4000 W). O efluente pode ser considerado como muito tóxico tendo em vista que a  $CE_{50}$  foi  $0,61 \pm 0,21$  (% v/v) após 48 horas de exposição. Conforme orientação da Resolução CONAMA 430/2011 o efluente deve ser tratado em nível tal que não induza toxicidade quando lançado no corpo receptor. Busca por tecnologias que permitam redução de toxicidade, reuso de efluentes e otimização de processos de tingimento, são de extrema necessidade dentro desta atividade industrial.

**Palavras-chave:** indústria têxtil; corantes; *D. similis*; toxicidade.

---

<sup>1</sup> Doutaranda, vanessagranadeiro@gmail.com, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - SP, Avenida Lineu Prestes, 2242, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Profª. Drª., macoper@ipen.br, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - SP, Avenida Lineu Prestes, 2242, São Paulo, SP.

<sup>3</sup> Prof. Dr., jotarosa@hotmail.com, Faculdade de Engenharia Química - UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 500, Campinas, SP; Faculdade de Tecnologia SENAI Antoine Skaf, Rua Correia de Andrade, 232, São Paulo, SP; Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-SP, Avenida Lineu Prestes, 2242, São Paulo, SP.

<sup>4</sup> Profª. Drª., sborrelly@ipen.br, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - SP, Avenida Lineu Prestes, 2242, São Paulo, SP.

## INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos é um dos principais problemas atuais em todo o mundo. Entre as várias fontes poluidoras destacam-se a indústria têxtil, por ser fonte geradora de grandes volumes de efluentes que, na maioria das vezes, são tratados de maneira ineficiente (MARTIN et al, 2017).

O efluente têxtil é caracterizado pela presença de uma importante variedade de elementos, estes advindos dos mais diversos processos de produção que empregam recursos hídricos. Dentre estes elementos, os corantes implicam em um forte causador de impactos ambientais significativos quando não eliminados corretamente (MORAIS et al, 2014; SANTOS et al, 2017).

Devido a este fato, este estudo abordou a toxicidade aguda do efluente gerado pelo tingimento de uma cor selecionada do Caderno de Tendências Primavera-Verão 2018, do SENAI-SP. O tingimento da cor selecionada, Pantone 19-2024, foi executado em tecido de fibras de poliamida (PA), a fibra mais utilizadas no setor de vestuário para linha praia e lingerie (PRADO, 2018). Calculou-se o consumo hídrico, o consumo energético e os ensaios de toxicidade aguda do efluente foram executados para o microorganismo *Daphnia similis*.

## METODOLOGIA

**Efluente:** O efluente real foi obtido através de tingimento (HT Mathis Alt-1) efetuado em relação de banho (RB) 1:10, de acordo com orientações do fabricante dos corantes, em tecido de malha de PA com gramatura igual a  $150 \text{ g m}^{-2}$ . Os reagentes utilizados no processo foram  $0,6 \text{ g L}^{-1}$  de ácido acético 98% e  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato de amônio (Labsynth);  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  igualizante, 2% de fixador, *Acid Orange 67* (0,659%), *Acid Red 299* (0,34%) e *Acid Blue 113* (0,213%) (Archroma). O procedimento encontra-se demonstrado na Figura 1, onde se observa o consumo de água, o tempo de processo e as etapas onde é necessário aquecimento.

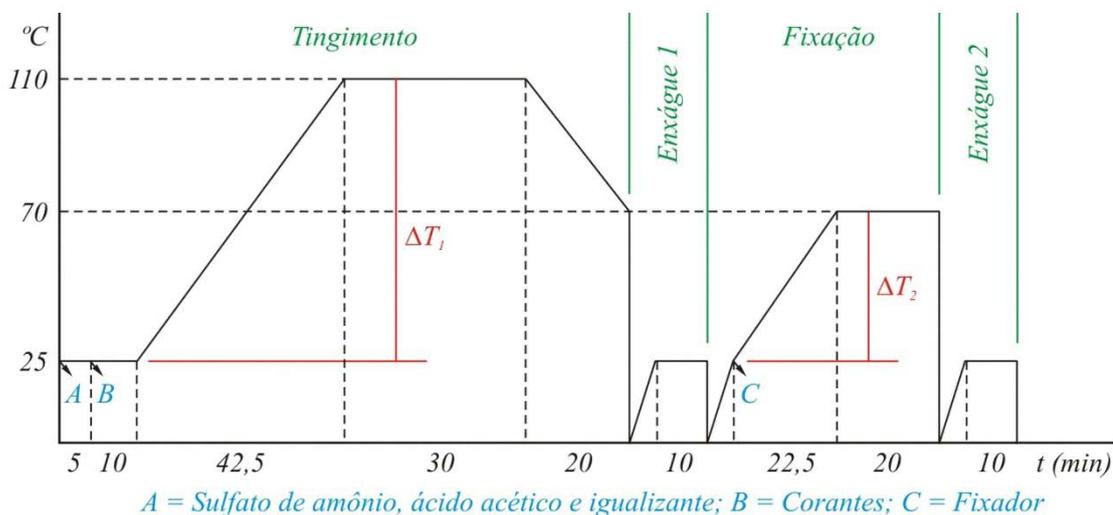


Figura 1. Gráfico contendo todas as etapas do processo de coloração

**Consumo hídrico e energético:** o consumo de água, adotando-se  $10,0 \text{ L kg}^{-1}$  (RB 1:10) para cada etapa de processo, foi calculado pela equação 1.

$$V = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \quad (1)$$

Onde  $V = \text{L kg}^{-1}$ ;  $E_1 = \text{tingimento}$ ;  $E_2 = \text{enxágüe 1}$ ;  $E_3 = \text{fixação}$  e  $E_4 = \text{enxágüe 2}$ .

Para calcular o consumo teórico de energia elétrica para cada quilograma de substrato beneficiado em equipamento industrial (Jet HT Riviera Eco, capacidade de 50 kg e potencia

instalada igual a 7,4 kWh), calculou-se o tempo de processo de tingimento e aplicou-se a equação 2.

$$Q_1 = \text{kWh} \cdot t \cdot 1,20 \cdot 10^3 \quad (2)$$

Onde  $Q_1 = J \text{ kg}^{-1}$ ;  $t = \text{tempo de processo em minutos}$ .

Adotou-se massa específica da água igual a  $1,0 \text{ g cm}^{-3}$  para calcular o consumo teórico de energia térmica para cada quilograma de substrato beneficiado, aplicando-se a equação 3.

$$Q_2 = (\Delta T_1 + \Delta T_2) \cdot C_p H_2O \cdot m H_2O \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Onde  $Q_2 = J \text{ kg}^{-1}$ ;  $T = \text{temperatura em Kelvin}$ ;

$C_p = \text{calor específico da água em } J \text{ kg}^{-1} K^{-1}$ ;  $m = \text{massa da água em gramas}$ .

**Toxicidade:** o efluente foi coletado em todas as etapas do processo (tingimento, enxágüe, fixação e enxágüe), e armazenado em recipiente de polietileno, refrigerado e enviado ao laboratório para execução dos ensaios. Para a coleta e armazenamento do efluente foram seguidas as recomendações da ABNT (2007). O ensaio de toxicidade aguda com o microcústáceo *D. similis* foi realizado com base na norma ABNT NBR n° 12713/2016, no Laboratório de Ensaio Biológicos e Ambientais (LEBA), localizado no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

A partir de um cultivo do próprio laboratório, efetuado com água de reservatório com ajuste de dureza para  $44 \pm 2 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , foram obtidos organismos jovens de *D. similis* (idade entre 6 a 24h) para a devida exposição às amostras do efluente. A água utilizada na diluição do efluente foi a mesma empregada no cultivo dos organismos-teste. *Trimmed Spearman Karber* foi o teste estatístico aplicado para o cálculo da  $CE_{50}$  (concentração efetiva mediana que resultou na imobilidade de 50% dos organismos), com análise efetuada em triplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Consumo hídrico e energético:** Os valores relativos ao consumo de água e energia encontram-se demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo de água, energia elétrica e energia térmica por quilograma.

Consumo/kg	Água (L)	Energia (J)	
		Elétrica	Térmica
	40	$1,42 \cdot 10^6$	$2,80 \cdot 10^3$

O consumo de energia elétrica necessário para o tingimento da cor em estudo seria equivalente a um banho de aproximadamente nove horas de duração, em um chuveiro convencional com 4000 W de potência.

**Toxicidade:** Os resultados dos ensaios de toxicidade estão dispostos na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2. Toxicidade aguda detectada no efluente.

<i>D. similis</i>	$CE_{50}$ (%) + intervalo de confiança	
		0,52
	0,85	(0,77-0,93)
	0,46	(0,11-1,19)
	0,61*	-
	$0,61 \pm 0,21$	-

\*Media dos ensaios de  $CE_{50}$

Observou-se uma elevada toxicidade da amostra quando a concentração < 1% resultou em 100% de imobilidade dos organismos expostos. A amostra pode ser considerada como muito tóxica para o organismo testado, exposto por 48 horas ao efluente estudado.

## CONCLUSÃO

O uso racional da água é imprescindível no setor industrial têxtil e, sendo assim, necessita de tecnologia e esforços que permitam o reuso desse recurso natural.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONUBR, 2018), a quantidade necessária diária de água por pessoa é de 20 litros. O consumo de água necessário para o tingimento de um quilograma de tecido de PA, tingido na cor Pantone 19-2024, é o dobro desta quantidade, ou seja, são gastos 40 litros para cada quilograma tingido.

O mesmo tingimento consome energia suficiente para um banho de nove horas de duração utilizando-se um chuveiro convencional (4000 W), demonstrando que estudos para otimização de processos de tingimento deste tipo de substrato, com este tipo de corante e na cor 19-2024, são igualmente fundamentais.

O efluente oriundo da coloração em estudo apresentou elevada toxicidade quando a concentração, menor que 1%, resultou em 100% de imobilidade dos organismos expostos. O valor apresentado representa atividade muito tóxica para o organismo testado, quando exposto por 48 horas, demonstrando também a necessidade de tratamento deste efluente antes de seu despejo em cursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713:2009. **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia spp*** (Crustacea, Cladocera), 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15469:2007. **Ecotoxicologia aquática - Preservação e preparo de amostras**. 2007.

MARTINS, T. C.; PALÁCIO, S. M.; VEIT, M. T.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; ALMEIDA, A. A.; MICHELIM, H. J.; VICENTINO, R. C.: Tratamento de efluente têxtil por processo fenton-like usando ferro zero valente. **Química Têxtil** 128, pp. 18-34, 2017.

MORAIS, A.V.; ROSA, J.M.; BADARÓ-PEDROSO, C.; BORRELY, S.I.: Contribuição da condutividade à toxicidade de um efluente têxtil avaliado por meio de ensaios ecotoxicológicos com invertebrados de água doce e estuarino. **Anais do Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**, v.6, n.1, 2014.

ONUBR - Nações Unidas no Brasil. **A ONU e a água**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua>. Acesso em 07 de julho de 2018.

PRADO, M.V.: Brasil Têxtil - Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira. Instituto de Estudos e Marketing Industrial LTDA - **IEMI**, 156 p., 2018.

SANTOS, R. F.; CORREA, V. H. M.; MARANGONI, C.; AGUIAR, C. R. L.: Influência da ativação química com NaOH e CH<sub>3</sub>COOH em carvão ativado de casca de coco na adsorção do corante reativo Remazol Preto 5. **Química Têxtil** 128, pp. 6-16, 2017.