

## **Toxicidade do efluente têxtil com corante reactive blue 21 submetido à irradiação por feixe de elétrons**

### **Toxicity of reactive blue 21 dye textile effluent subjected to electron beam irradiation**

DOI:10.34117/bjdv8n4-551

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **Camila Gomes Melo**

Mestranda em Tecnologia Nuclear pelo programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP)

Endereço: Av. Professor Lineu Prestes, 2242, CEP: 05508-000 / São Paulo, SP, Brasil

E-mail: camila.gomes.melo@hotmail.com

#### **Jorge Marcos Rosa**

Pós-doutor em Tecnologia Nuclear

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP)

Endereço: Av. Professor Lineu Prestes, 2242, CEP: 05508-000 / São Paulo, SP, Brasil

E-mail: jotarosa@hotmail.com

#### **Sueli Ivone Borrely**

Doutora em Tecnologia Nuclear pelo programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP)

Endereço: Av. Professor Lineu Prestes, 2242, CEP: 05508-000 / São Paulo, SP, Brasil

E-mail: sborrely@ipen.br

#### **Maria da Conceição Costa Pereira**

Doutora em Tecnologia Nuclear pelo programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP)

Endereço: Av. Professor Lineu Prestes, 2242, CEP: 05508-000 / São Paulo, SP, Brasil

E-mail: macoper@ipen.br

#### **RESUMO**

O setor têxtil se destaca na economia de muitos países e por questões ambientais relacionadas à sua cadeia produtiva. A etapa de beneficiamento secundário, em especial o processo de tingimento, além de consumir muita água, utiliza inúmeros insumos químicos, gerando efluentes com potencial tóxico e desequilíbrio às condições de vida do corpo receptor. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar a toxicidade do efluente têxtil, com o corante Reactive Blue 21, antes e após tratamento por irradiação com feixe de elétrons. O efluente do tingimento otimizado com o corante Reactive Blue 21 foi submetido à irradiação por feixe de elétrons e, posteriormente, avaliado e comparado à amostra sem tratamento, em relação a sua toxicidade aguda com os organismos *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri*. Os resultados apontaram maior sensibilidade da bactéria luminescente *Vibrio fischeri* ao efluente, com um valor de CE<sub>50</sub> de 0,43% para a amostra

sem tratamento e de 8,89%. Já o microcrustáceo *Daphnia similis*, apresentou para a amostra sem tratamento 4,79% e 12,64% de CE<sub>50</sub>. O processo de tratamento por irradiação se mostrou eficaz para a redução da toxicidade no efluente analisado, com uma eficácia de mais de 60% no tratamento para ambos os organismos.

**Palavras-chave:** corante reativo, efluente têxtil, organismo-teste, radiação ionizante, toxicidade.

## ABSTRACT

The textile sector stands out in the economy of many countries and for environmental issues related to its production chain. The secondary processing stage, especially the dyeing process, besides consuming a lot of water, uses numerous chemical inputs, generating effluents with toxic potential and unbalance the living conditions of the receptor body. Therefore, the objective of this study was to evaluate the toxicity of textile effluent, with the dye Reactive Blue 21, before and after treatment by electron beam irradiation. The dyeing effluent optimized with the Reactive Blue 21 dye was submitted to electron beam irradiation and then evaluated and compared to the untreated sample regarding its acute toxicity with the organisms *Daphnia similis* and *Vibrio fischeri*. The results showed a higher sensitivity of the luminescent bacteria *Vibrio fischeri* to the effluent, with an EC<sub>50</sub> value of 0.43% for the untreated sample and 8.89%. The irradiation treatment process was effective in reducing the toxicity of the analyzed effluent, with an efficiency of more than 60% in the treatment for both organisms.

**Keywords:** reactive dye, textile effluent, test organism, ionizing radiation, toxicity.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a preservação e continuidade da vida no Planeta, além de servir de insumo para as atividades agropecuárias e industriais. Para fins industriais, seu uso varia de acordo com a sua aplicação no processo produtivo, podendo ser empregada como matéria-prima incorporada ao produto, ou como produto auxiliar adicionada ao processo de produção (MIERZWA, 2019).

O setor têxtil industrial é essencial para a economia de muitos países e o aumento na fabricação de substratos têxteis e, conseqüentemente, corantes para tingimento, reflete o crescente aumento da população mundial. Metade da produção da fibra de algodão é tingida com corantes reativos, que se destacam por suas cores intensas, brilhantes e bons índices de solidez à água e à lavagem (MAHAPATRA, 2016; ROSA et al., 2020; ROSA et al., 2021).

O grupo cromóforo de um corante garante a coloração ao substrato têxtil. Os corantes de grupo cromóforo do tipo ftalocianina, como o corante Reactive Blue 21, são caracterizados por possuírem alta solubilidade em água, estabilidade e resistência à degradação, ou seja, possuem a característica de serem recalcitrantes.

A representatividade do setor têxtil é retratada tanto na economia como na área ambiental. A cadeia produtiva do setor, sobretudo as etapas de beneficiamento, consomem um elevado volume de água em seus processos e, em virtude da vasta variedade de insumos químicos empregados, geram águas residuais complexas e heterogêneas (YUSUF, 2018). Em decorrência disso, as alterações dos parâmetros físico-químicos e o potencial tóxico desses efluentes pode causar um desequilíbrio na biota aquática do corpo receptor.

As técnicas de tratamento devem garantir os padrões de lançamento do efluente e, conseqüentemente, a qualidade do corpo receptor previstos na Legislação Ambiental vigente em níveis Federal e Estadual (CONAMA). Para tal, tratamentos convencionais são comumente utilizados para descontaminação de águas residuais, mas é preciso levar em consideração a formação indesejada de produto secundário proveniente do tratamento, que também precisará ser tratado.

A tecnologia de radiação ionizante por feixe de elétrons pode ser vista como a próxima geração de técnicas de tratamento sem adições químicas e geração de resíduos. Ela se destaca dentre os processos de oxidação avançada (POA) pela eficiência na geração de espécies reativas capazes de reagir e degradar o grupo cromóforo do corante presente no efluente e a degradação gradual dos contaminantes (RAUF; ASHRAF, 2009; DUY et al., 2019; MELO, et al., 2021).

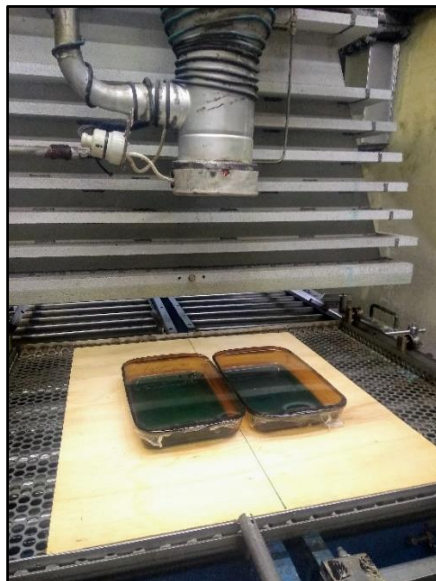
Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade do efluente têxtil, com o corante Reactive Blue 21, antes e após tratamento por irradiação com feixe de elétrons.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Um efluente têxtil de tingimento de algodão com o corante Reactive Blue 21 foi gerado mediante valores otimizados e obtidos por meio da aplicação da metodologia de superfície de resposta (MSR). Esses experimentos foram assistidos por Planejamento Composto Rotacional  $2^5$ , com alfas e três pontos centrais.

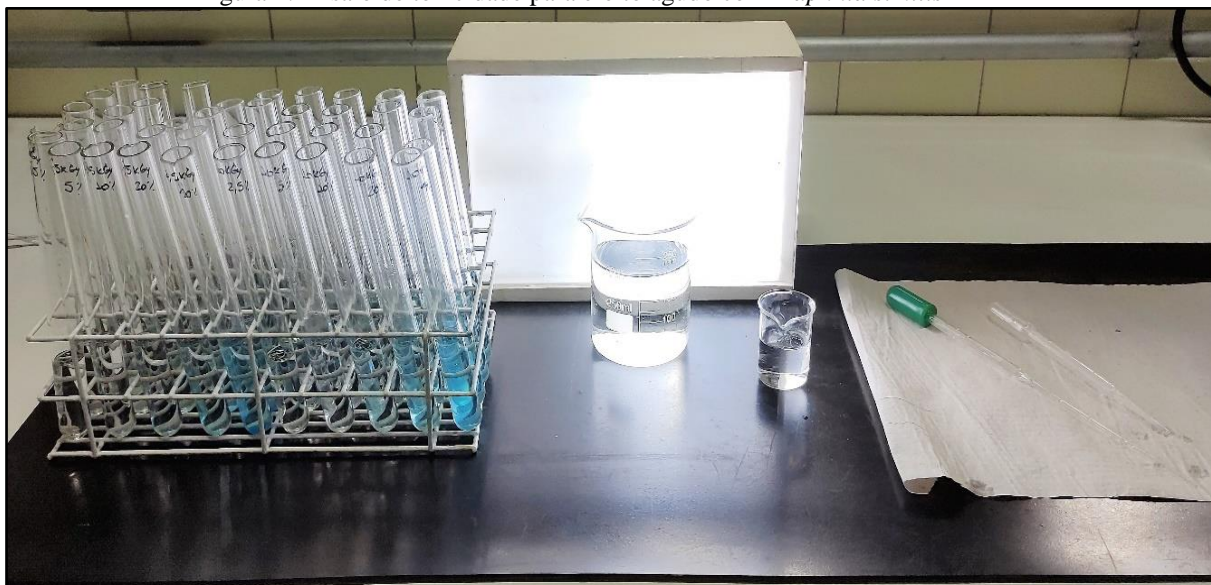
A irradiação das amostras foi realizada no Centro de Tecnologia das Radiações (CETER), no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), em São Paulo. O efluente foi neutralizado e irradiado com dose de 7,5 kGy em acelerador de elétrons do tipo Dynamitron - modelo utilizado foi o JOB 188 (Figura 1), com energia fixada em 1,4 MeV, velocidade de deslocamento da amostra constante de  $6,72 \text{ m min}^{-1}$  e corrente elétrica do feixe variável.

Figura 1: Irradiação da amostra de efluente com acelerador de elétrons. Modelo JOB 188



Os ensaios de toxicidade para efeito agudo foram realizados com os organismos-teste *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri*, no Laboratório de Ensaios Biológicos Ambientais (LEBA/IPEN), conforme as normas NBR 12713/ 2016 e NBR15411-3/2021, respectivamente.

O ensaio de toxicidade aguda com os microcrustáceos contou com cinco concentrações da amostra e um controle, composto somente por água de diluição (Figura 2).

Figura 2: Ensaio de toxicidade para efeito agudo com *Daphnia similis*

Em todos os tubos foram adicionados cinco organismos, totalizando 20 organismos por concentração. Após 48 horas de exposição, o número de organismos imóveis e flutuantes na superfície, mesmo após suave agitação do tubo, foi registrado.

O ensaio com a bactéria marinha *Vibrio fischeri* consistiu em expô-la à uma série de diluições de amostra no sistema Microtox M-500 (Figura 3) à 3°C, com o intuito de verificar a diminuição de sua luminescência logo após a exposição e transcorridos 15 minutos.

Figura 3: Ensaio de toxicidade para efeito agudo com *Vibrio fischeri* Sistema Microtox M-500 (Microbics)



Os resultados de ambos os ensaios foram expressos em CE50 (%), Unidade Tóxica (UT) e eficiência de tratamento, antes e após aplicação da irradiação.

A validação dos ensaios de toxicidade foi realizada por meio de ensaios ecotoxicológicos com o uso de substâncias de referência, utilizadas para verificar a sensibilidade dos organismos utilizados nos testes: Cloreto de Potássio (KCl) para a *Daphnia similis* e Fenol para a *Vibrio fischeri*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra gerada em condições otimizadas de tingimento, por meio da Metodologia de Superfície de Resposta e da interação entre fatores estudados, resultou num tingimento com maior esgotamento, o que reflete num efluente com uma menor concentração de corante.

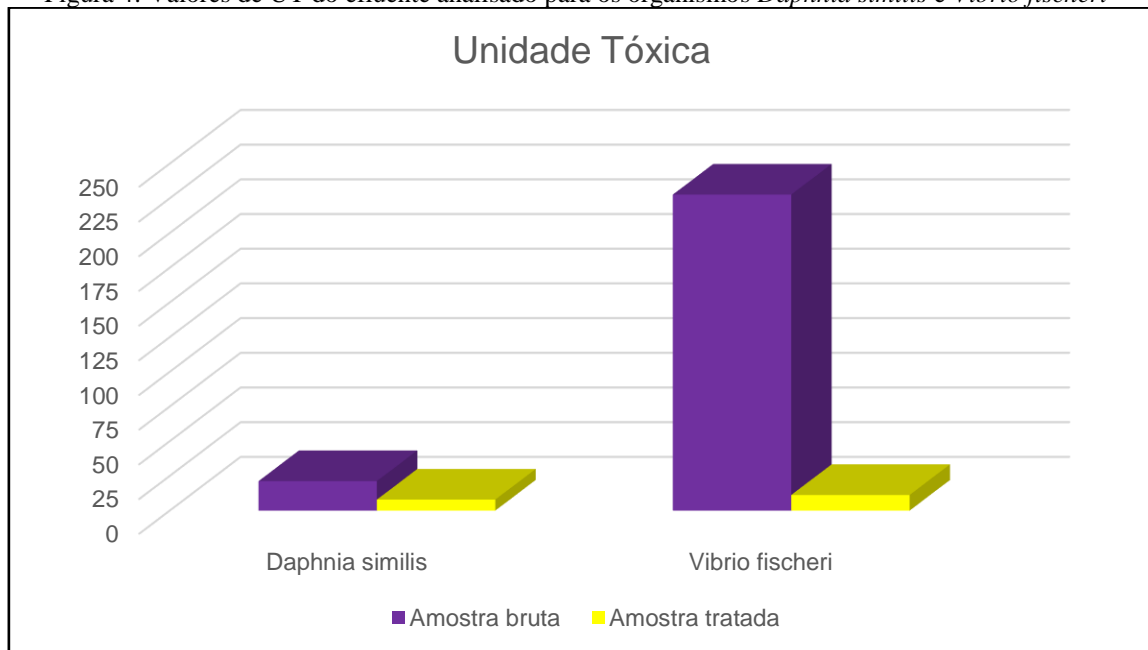
Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos demonstraram a elevada toxicidade do efluente. A média dos valores de CE50 (%) para *Daphnia similis* foi de  $4,79 \pm 0,45$  para as amostras sem tratamento e de  $12,64 \pm 1,68$  para as amostras irradiadas.



O efluente sem tratamento representou cerca de 11 vezes mais tóxico para a bactéria marinha *Vibrio fischeri*, demonstrando sua maior sensibilidade ao efluente em análise. O valor da CE50 (%) para a amostra bruta foi de 0,43 (0,41 – 0,47), considerando o intervalo de confiança. A amostra tratada apresentou um valor de CE50 (%) de 8,89 (7,87 – 10,03).

A Figura 4 apresenta a comparação da toxicidade das amostras brutas e irradiadas, em termos de unidade tóxica (UT).

Figura 4: Valores de UT do efluente analisado para os organismos *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri*



Por exprimir um valor direto de toxicidade, a unidade tóxica facilita a interpretação dos dados e possibilita evidenciar maior sensibilidade de determinado organismo. Para *Daphnia similis*, o valor de UT da amostra sem tratamento foi de  $21,23 \pm 1,93$  e da amostra tratada foi de  $7,91 \pm 1,18$ . Estes valores refletem numa eficácia de tratamento de 62,74% de redução de toxicidade. A bactéria *Vibrio fischeri* apresentou o valor de UT sem tratamento de 227,67, ou seja, uma amostra muito tóxica ao organismo. Após tratamento, o valor de UT da amostra foi de 11,25, refletindo em 95% de eficácia de tratamento.

Rosa et al. (2019) analisaram a toxicidade aguda de efluentes de tingimento têxtil a partir da tricromia de corantes reativos, e obtiveram um valor médio de CE50 (%) para *Daphnia similis* de 4,58. A avaliação da toxicidade do corante Reactive Blue 15 realizado

por Oliveira et al. (2018), destacou a significativa indução de danos ao DNA do organismo *Daphnia magna*.

A tecnologia de irradiação por feixe de elétrons proporcionou ao efluente estudado uma eficiência de redução de toxicidade de 62,74% para *Daphnia similis* e 95,06% para *Vibrio fischeri*. Em estudo realizado por Garcia, Rosa e Borrelly (2020) com um efluente de tingimento têxtil e corante Reactive Red 239, ao realizarem ensaios ecotoxicológicos com os organismos *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri* obtiveram uma redução em torno de 70% da toxicidade.

Os efluentes têxteis provenientes de tingimentos com corantes reativos contêm diversos insumos, inorgânicos e orgânicos, para garantir que as reações químicas ocorram. O corante Reactive Blue 21 é um composto orgânico, cujo grupo cromóforo possui uma molécula de cobre na sua estrutura, garantindo sua resistência aos métodos convencionais de degradação. Vahdat et al. (2012) já haviam relatado uma maior estabilidade a irradiação por feixe de elétrons do corante azul reativo, se comparado aos reativos de cor amarelo e vermelho.

#### 4 CONCLUSÃO

O estudo corroborou a importância de analisar a toxicidade de efluentes de tingimento têxtil, partindo das características e reações dos compostos nele presente. A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que o efluente de tingimento com o corante Reactive Blue 21, nas condições especificadas, foi mais tóxico à bactéria marinha com CE50 (%) de apenas 0,43. A irradiação por feixe de elétrons faz parte dos processos oxidativos avançados e se mostrou eficaz para redução da toxicidade do efluente, com redução de toxicidade de 62,74% no tratamento para *Daphnia similis* e de 95% para *Vibrio fischeri*.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713:** Ecotoxicologia aquática — Toxicidade aguda — Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera) Aquatic. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15411-3:** Ecotoxicologia aquática — Determinação do efeito inibitório de amostras aquosas sobre a emissão da bioluminescência de *Vibrio fischeri* (ensaio de bactéria luminescente). Rio de Janeiro, 2021.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MAIO AMBIENTE - Resolução n° 430, de 16 de maio de 2011.

DUY, N. N.; PHU, D. V.; LAN, N. T. K.; DUOC, N. T.; HIEN, N. Q.; HIEP, B. N.; HAN, B. N.; HA, B. M. Treatment of Real Textile Wastewater Using Electron Beam Irradiation. **Acta Chemica Iasi**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 303-316, 1 dez. 2019. Editura Universitatii Alexandru Ioan Cuza din Iasi. <http://dx.doi.org/10.2478/achi-2019-0019>.

GARCIA, V. S. G.; ROSA, J. M.; BORRELY, S. I. Toxicity and color reduction of a textile effluent containing reactive red 239 dye by electron beam irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 172, p. 108765, 2020.

MAHAPATRA, N. N. **Textile dyes**. New Delhi: CRC Press, 2016. 197 p.

MELO, C. G.; ROSA, J. M.; GARCIA, V. S. G.; BORRELY, S. I.; PEREIRA, M. C. C. Toxicity and color reduction of reactive dyestuff RB 21 and surfactant submitted to electron beam irradiation. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 9, p. 1-14, 2021.

MIERZWA, J. C. **Otimização do uso e reúso da água**. São Paulo - SP. 2019. Apresentação de Power Point. 84 slides. P&B.

OLIVEIRA, G. A. R. DE; LEME, D. M.; LAPUENTE, J. DE; BRITO, L. B.; PORREDÓN, C.; RODRIGUES, L. B.; BRULL, N.; SERRET, J. T.; BORRÀS, M.; DISNER, G. R.; CESTARIA, M. M.; OLIVEIRA, D. P. DE. A test battery for assessing the ecotoxic effects of textile dyes. **Chemico-Biological Interactions**, v. 291, p. 171-179, 2018.

RAUF, M.A.; ASHRAF, S.S. Radiation induced degradation of dyes - An overview. **Journal of Hazardous Materials**, V. 166, p. 6-16, 2009.

ROSA, J. M.; GARCIA, V. S. G.; BOIANI, N. F.; MELO, C. G.; PEREIRA, M. C. C.; BORRELY, S. I. Toxicity and environmental impacts approached in the dyeing of polyamide, polyester and cotton knits. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, p. 102973, 2019.

ROSA, J. M.; TAMBOURGI, E. B.; VANALLE, R. M.; GAMARRA, F. M. C.; SANTANA, J. C. C.; ARAÚJO, M. C. Application of continuous H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV advanced oxidative process as an option to reduce the consumption of inputs, costs and environmental impacts of textile effluents. **Journal of Cleaner Production**, v. 246, p.



119012, 2020. 0959-6526.

ROSA, J.M.; MELO, C.G.; PEREIRA, M.C.C.; BORRELY, S.I. Reactive Blue 21 exhaustion degree investigated using the Surface Response Methodology as an auxiliary tool in cotton dyeing. **Journal of Natural Fibers**, v. 18, n. 4, p. 520-530, 2021.

VAHDAT, A.; BAHRAMI, S.H.; ARAMI, M.; BAHJAT, A.; TABAKH, F.; KHAIRKHAH, M. Decoloration and mineralization of reactive dyes using electron beam irradiation, Part I: Effect of the dye structure, concentration and absorbed dose (single, binary and ternary systems). **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, p. 851–856, 2012.

YUSUF, M. (Edit.) **Handbook of Textile Effluent Remediation**. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 2018. 455 p.