

## TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL COM ULTRASSOM E OXIDAÇÃO AVANÇADA

Habila Yusuf Thomas (1); Izanilde Barbosa da Silva (2); Wallysson Klebson de Medeiros Silva (3);  
Graziela Pinto de Freitas (4); Magna Angélica dos Santos Bezerra Sousa (5).

(1) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte.* [habilayusufthomas@yahoo.com](mailto:habilayusufthomas@yahoo.com)

(2) *Universidade Federal da Paraíba.* [iza.silva.ap@gmail.com](mailto:iza.silva.ap@gmail.com)

(3) *Universidade Federal da Paraíba.* [wallyssonk@gmail.com](mailto:wallyssonk@gmail.com)

(4) *Universidade Federal da Paraíba.* [Freitas.graziela@cear.ufpb.br](mailto:Freitas.graziela@cear.ufpb.br)

(5) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte.* [mangelica@eq.ufrn.br](mailto:mangelica@eq.ufrn.br)

**RESUMO:** A indústria têxtil produz quantidades grandes de efluentes que são geralmente encaminhados para corpos de água, estes efluente devem ser submetidos a uma série de tratamentos, antes de serem dispostos, mas estes tratamentos de esgoto e efluentes na maioria das vezes são insuficientes para degradar ou eliminar os poluentes que causam cor nessas águas residuais. Estes poluentes são difíceis de tratar por processos biológicos e físicos. A degradação do corante laranja CL-3R com ondas de ultrassom simultaneamente com oxidação avançada na presença de peróxido de hidrogênio foram estudadas como uma alternativa de tratamento de efluentes de indústrias de corantes têxteis. Uma solução com concentração de 8mg/l do corante como efluente têxtil foi utilizado ao longo do, em que as experimento, variáveis experimentais constantes foram temperatura de 50 ° C, um pulso de ultrassom de 9 ligado e 1 desligado, uma amplitude de 40% e uma potência que varia entre 150-200 watts. A primeira parte do procedimento experimental foi realizado para fazer uma curva de calibração usando diferentes concentrações do corante têxtil variando de 0 como o branco que é água destilada, 2ml,6ml,8ml e 10ml do oxidante em 1 litro do efluente, dando um conjunto de 5 pontos. Foi obtida a remoção de cor e degradação qualitativa de 50% de eficiência após a aplicação do agente oxidante e ultrassom.

**Palavras- chaves:** tratamento de esgoto, degradação com ultrassom, oxidação avançada.

### INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida. A quantidade de água doce na terra é limitada, e sua qualidade está sob ameaça constante. Preservar a qualidade da água é importante para o abastecimento de água potável, produção de alimentos e de demais usos da água. A qualidade da água pode ser comprometida pela presença de agentes infecciosos, produtos químicos tóxicos, e os riscos radiológicos (ONU, 2015).

A escassez da água no nordeste do Brasil e nas regiões semiáridas esta sendo cada vez mais um problema preocupante, especialmente nas épocas de seca quando as bacias hidrográficas sofrem alta taxa de evaporação e perda das águas reservadas. Este problema se manifesta na falta de água suficiente para o abastecimento das comunidades semiáridas, portanto, o tratamento de esgoto e efluentes é fundamental nestas regiões, visando à utilização desta água para evitar desperdício pelas indústrias têxteis localizadas nestas áreas (OLIVEIRA, 2013).

Além disso, um dos grandes desafios atuais são a sustentabilidade e a diminuição da vulnerabilidade da região semiárida, uma vez que, os impactos ambientais decorrentes dos processos têxteis, por meio da geração de grande quantidade de efluentes líquidos com altas cargas poluidoras causam riscos, prejudicando o meio ambiente e deixando a região mais vulnerável a seca (BALAN, 2000; HASSEMER *et al.*, 2001; KUNZ; ZAMORA, 2002).

A indústria têxtil tem elevado potencial poluidor porque é uma das indústrias que mais libera compostos químicos complexos e perigosos no meio ambiente. Entre os problemas ou dificuldades das ETES das indústrias têxteis, a remoção da cor é das mais difíceis de solucionar, o problema enfrentado pelas estações de tratamento de efluente da indústria têxtil é a remoção da cor destes compostos, principalmente porque os corantes e pigmentos foram concebidos para resistir a biodegradação, de tal forma que eles permanecem no ambiente durante um longo período de tempo. Por exemplo, a meia - vida do corante hidrolisado Azul Reativo 19 é de cerca de 50 anos a pH 7 e 25 ° C (CHEQUER *et al.*,2013).

Estudos realizados mostram que mesmo baixas concentrações de até 1 mg/L de corante no efluente têxtil pode gerar poluição perceptíveis e significativa nos corpos de água e afetar a qualidade estética e a transparência da água, levando a danos irreparáveis ao ambiente aquático. Os efluentes têxteis podem conter uma concentração de 5mg/L até 1500mg/L ou mais em casos onde nenhum tratamento é realizado (VERMA, 2008; ZHANG *et al.*, 2013).

Estes efluentes podem ser tóxicos e mutagênicos, e também diminuem a penetração da luz e atividade fotossintética, causando a deficiência de oxigênio e limitando usos benéficos de corpos de água receptores destes efluentes tais como rios e lagos, podendo tornar a até inútil para atividades de banho, irrigação e criação de animais (CHEQUER *et al.*,2013).

Segundo Neelavannan *et al.*, (2007) o tratamento dos efluentes têxteis podem ser feitos por meio das operações físicas, processos químicos ou processos biológicos, mas em muitos casos, obtém se maior resultado com a combinação de dois ou mais processos.

Desta maneira, o objetivo geral deste artigo foi verificar a eficácia do tratamento e remoção de cor de um efluente têxtil sintético com ultrassom e oxidação avançada.

Neste trabalho foi analisada a degradação de um corante têxtil nas concentrações certas para simular efluente da indústria têxtil sendo tratado com ultrassom e oxidação avançada com peróxido de oxigênio. O corante utilizado foi o DREMAREN CLAREN laranja CL-3R que tem uma estrutura azo e o oxidante é o peróxido de hidrogênio.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado no laboratório de engenharia ambiental e controle de qualidade (LEACQ) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O modelo do aparelho de ultrassom utilizado neste trabalho foi o SONIC AND MATERIAL VIBRA CELL VCX-600. O modelo do aparelho do ultrassom utilizado foi o VARIAN CARY 50 CONC- UV VISIBLE SPECTROMETER. A construção da curva de calibração foi obtida pela varredura de 200nm ate 800nm da região da radiação UV para achar o a absorbância máxima de 489nm do corante com concentração de 8ppm. O efluente têxtil sintético utilizado no experimento foi o corante Cl-3R- da empresa DREMAREN ( $\lambda_{max} = 489nm$ ) para realização dos experimentos de degradação. A solução utilizada foi obtida a partir da diluição de 8 miligramas do corante laranja Cl-3R em um litro de água destilada resultando numa solução de 8mg/l ou 8ppm. Laranja Cl-3R faz parte dos corantes azoicos que é uma das famílias mais comuns utilizados na indústria têxtil por sua resistência à luz ultravioleta e alta durabilidade em tecidos. Cada amostra é cuidadosamente medida dando 200 ml da mistura colocados em um Becker de 250 ml de volume.

A degradação ultrassônica foi realizada com um aparelho de ultrassom. O aparelho de ultrassom degrada o efluente pelos efeitos gerados por ultrassom de alta intensidade por efeitos de cavitação, efeitos de vibração, efeitos de streaming acústico e efeitos térmicos. Para obter a degradação, foi programado um tempo de 30 minutos de pulsos efetivos para cada amostra no pulsante ultrassônico. Cada amostra demora cerca de 2horas e 15 minutos para chegar aos 30 minutos de pulso contínuo. O pulso on é de 9 segundos e o pulso off de 1 segundo, este processo de ligar e desligar o pulso faz com que o aumento de temperatura seja controlado a uma taxa constante. A temperatura foi mantida a 50°C para evitar a evaporação do líquido. O pulso on (pulso ligado) foi programado 9 segundos e pulso off (pulso desligado) é de 1 segundo para otimizar a degradação.

A frequência é controlada indiretamente pela programação da potência a 40%, assim a intensidade da frequência varia entre 170KHz a 200KHz. A caixa a prova de som minimiza a poluição sonora, prevenindo a passagem do som de alta frequência à vizinhança causando poluição sonora. Para a medição da absorvância do corante e monitoramento das degradações do corante um espectrofotômetro foi utilizado. A degradação obtida a partir da combinação de sonolise/oxidação avançada foi executada em 4 etapas, a primeira com 0,5ml do oxidante em 1 litro do efluente sintético de laranja CI-3R, a segunda etapa com 2ml do oxidante, a terceira com 5ml do oxidante e a quarta etapa com 10ml do oxidante.



Figura. 2. (a) aparelho do ultrassom, (b) espectrofotômetro.

Fonte: Autor, 2016.

A absorvância versus concentração do efluente foi obtido a partir da calibração com o espectrofotômetro, com as concentrações do corante variando de 0, 2, 4, 6,8 e 10mg/litro de água destilada. Em seguida, a absorvância foi medida e a curva de calibração foi traçada de acordo com estes dados. A curva da calibração foi utilizada para medir a taxa de degradação qualitativa e remoção de cor das amostras antes e depois da degradação com oxidação com ultrassom.

## RESULTADOS

A degradação e remoção de cor foram obtidas qualitativamente pela comparação da absorvância do efluente antes e depois do tratamento com ultrassom e o agente oxidante  $H_2O_2$ . O resultado é da degradação obtida em 30 minutos de pulso on, está mostrada na Tabela abaixo, de acordo com as concentrações do agente oxidante utilizado em 1 litro do efluente têxtil sintético.

De acordo com a Tabela 1, a aplicação do ultrassom foi mantida constante para todas as amostras, a variável de controle era a concentração do agente oxidante. Não houve aumento significativo na taxa de remoção de cor nas primeiras 4 horas depois da aplicação do oxidante nas concentrações de 0,5 ml do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> até 10 ml em um litro do efluente têxtil, após 24 horas a taxa de degradação aumenta e a efetividade da remoção da cor é visível. Depois de 48 horas da aplicação de ultrassom e agente oxidante, a maior eficiência da degradação foi de 54,21% que esta de acordo com estudos realizados por Shu *et al.*, (2007), onde o peróxido de hidrogênio foi utilizado mostrou a efetividade de tratamento de efluentes com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Em concentrações adequadas na presença de UV.

Tabela. 1. Porcentagem da degradação e remoção de cor com a concentração do agente oxidante e tempo

Concentração/tempo	4 horas	24 horas	48 horas
0,5ml	1.90%	15.79%	21.51%
2 ml	6.17%	20.01%	26.68%
5 ml	2.97%	14.41%	20.95%
10 ml	3.98%	35.42%	54.21%

Fonte: autor, 2016.

O ultrassom foi utilizado por Tiehm *et al.*, (2006) em reatores anaeróbicos para tratar água em uma estação de tratamento de esgoto com uma eficiência média de 30% de remoção da cor. Phull *et al.*, (1996), também realizou o tratamento de água com ultrassom, onde obteve a desinfecção da água e remoção de 80% das bactérias em 15 minutos de aplicação de ultrassom de alta frequência 40 Hertz.



Figura. 3. Amostras antes e depois da aplicação do oxidante e ultrassom.

Fonte: autor, 2016.

Na Figura 3, os dois Beckers na direita são as amostras do efluente têxtil sintético antes do tratamento, as duas amostras no meio são as amostras que passaram pelo processo de oxidação avançada 48 horas depois e as duas últimas amostras pela esquerda são os efluentes já tratados depois de 5 dias (120 horas).

Desta maneira, este artigo colaborou com as constatações de outros trabalhos, como o de Radi *et al.* (2015), no qual afirmaram que o oxidante não degrada o corante, a não ser que sofra uma ativação pela ação do ultrassom ou luz UV. Na literatura, outros trabalhos destacam que os efluentes têxteis, têm capacidade de degradar e mineralizar corantes. De acordo com Spadaro, Gold e Renganathan (1992) *p. chrysosporium* é eficaz para mineralizar diversos azocorantes, estando a descoloração relacionada com a natureza dos grupos substituintes dos anéis aromáticos. Enquanto que Kirby, Mullan e Marchant (1995) relatam que há uma descoloração total após sete dias de tratamento. Já Couto *et al.* (2000), encontraram uma boa eficiência no tratamento de uma amostra contendo o corante poli-R-478, alcançando descolorações superiores a 95% utilizando o tratamento com o fungo *p. chrysosporium*. Hart (1994) acrescenta ainda, que por meio da oxidação é possível reaproveitar a água para lavagem de quadros, cilindros e esteiras de máquinas estampadoras.

## CONCLUSÃO

Nos processos aplicados neste estudo foi constatada que a degradação de efluente têxtil com ultrassom e oxidação avançada é um método qualitativo eficaz no tratamento de efluentes da indústria têxtil visto que houve a obtenção de remoção de cor em até 54% depois de 48 horas de aplicação do processo.

De acordo com os resultados do experimento constatou-se que nas primeiras 4 horas depois da degradação com ultrassom e oxidação, o efeito do processo não era evidente, mas depois de 24 horas, a espectrofotometria mostrou que houve diminuição em média de 20% da concentração inicial do corante antes da degradação, e conseqüentemente aumentou após 48 horas para 30% em média a remoção da cor e degradação qualitativa do efluente sintético.

## REFERÊNCIAS

- BALAN, D.S.L. Biodegradabilidade e toxicidade de efluentes têxteis. **Revista Brasileira de Química Têxtil**, v. 56, p. 5-14, 1999.
- CHEQUER, F.M.D.; OLIVEIRA, G.A.R.; FERRAZ, E.R.A.; CARDOSO, J.C.; ZANONI, V.B.D.E.; OLIVEIRA, D.P. **Textile dyes: dyeing process and environmental impact**. In: GUNAY, M (ed) Eco-friendly textile dyeing and finishing. InTech Press: Croácia. 2013.
- COUTO, S.R.; RIVELA, I.; MUNOZ, M.R.; SANROMAN, A. Stimulation of ligninolytic enzyme production and the ability to decolorize Poly R- 478 in semi-solid-state cultures of *Phanerochaete chrysosporium*. **Biores. Technol**, v. 74, p. 159-164, 2000.
- HART, E. Reciclagem da água, um programa economicamente viável e tecnicamente inovativa. **Química têxtil**, São Paulo: ABQCT, v. 36, p. 7-10, 1994.
- HASSEMER, M.E.N.; DALSAÑO, R.L.; SENS, M.L. Processo físico-químico para indústria têxtil. **Revista saneamento ambiental**, n. 81, p. 28-34, 2001.
- KIRBY, N.; MULLAN, G. Mc; MARCHANT, R. Descolorisation of an artificial textile effluent by *Phanerochaete chrysosporium*. **Biotech. Lett.** v. 17, p. 761-764, 1995.
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Revista química nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
- NEELAVANNAN, M.G.; REVATHI, M.; BASHA, C.A. Photocatalytic and electrochemical combined treatment of textile wash treatment of textile wash water. *Journal of Hazardous Materials*. v. 149, 371-378, 2007.
- ONU. Assembleia Geral das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo : A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável 2015**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>> . Acesso em: 18 ago. 2017.
- OLIVEIRA, D. B. S. **O uso das tecnologias sociais hídricas na zona rural do semiárido paraibano: Entre o combate a seca e a convivência com o semiárido**. 2013. 186 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- PHULL, S.S.; NEWMAN, A.P; LORIMER J.P.; POLLET, B.; MASON, T.J., The development and evaluation of ultrasound in the biocidal treatment of water. **School of Natural and Environmental Sciences**, Coventry University, Coventry, n. 4, v. 2, p. 157-164, 1996.
- RADI, M. A. *et al.* The comparison of sonochemistry, electrochemistry and sonoelectrochemistry techniques on decolorization of C.I Reactive Blue 49. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 609–615, 2015.
- SHU, L; XING, W; XU, N. Effect of Ultrasound on the Treatment of Emulsification Wastewater by Ceramic Membranes. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 15, n. 6, p. 855-860, 1992.

SPADARO, J.T.; GOLD, M.H.; RENGANATHAN, V. Degradation of azo dyes by the lignin-degrading fungus *Phanerochaete chrysosporium*. **Appl Environ Microbiol**, v. 58, n. 8, p. 2397-2401, 1992.

TIEHM, A. K. **The use of ultrasound to accelerate the anaerobic digestion of sewage sludge.** Nickel and U. Neis Technical University of Hamburg-Harburg, Gewässerreinigungstechnik, Eißendorfer Str. 42, 21073. Hamburg: Germany. 1997.

VERMA, Y. **Acute toxicity assessment of textile dyes and textile and dye industrial effluents using *Daphnia magna* bioassay.** *Toxicology and Industrial Health*, v. 24, p. 491–500, 2008.

ZHANG, W.; LIU, W.; ZHANG, J.; ZHAO, H.; ZHANG, Y.; QUAN, X.; JIN, Y.; 2012. **Caracterização de toxicidade aguda, genotoxicidade e estresse oxidativo representada pelo efluente têxtil, peixe-zebra.** *J. Environ. Sci. China* 24, 2019e2027. 2012. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742\(11\)61030-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742(11)61030-9)>. Acesso em: 18 ago. 2017.