



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Marcos Rosa, Jorge; Baptista, Elesandro Antônio; Curvelo Santana, José Carlos
Degradação fotoquímica e reuso da água obtida de um efluente têxtil tratado via UV/H₂O₂
Exacta, vol. 8, núm. 2, 2010, pp. 169-178
Universidade Nove de Julho
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81016917005>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Degradação fotoquímica e reuso da água obtida de um efluente têxtil tratado via UV/H₂O₂

Photochemistry degradation and reuse of water obtained from a textile effluent treated by H₂O₂/UV

Jorge Marcos Rosa

Mestrando em Engenharia de Produção – Uninove
São Paulo – SP [Brasil]
jotarosa@hotmail.com

Elesandro Antônio Baptista

Professor de mestrado em Engenharia de Produção – Uninove
São Paulo – SP [Brasil]
elesandro@uninove.br

José Carlos Curvelo Santana

Professor de mestrado em Engenharia de Produção – Uninove
São Paulo – SP [Brasil]
jccurvelo@uninove.br

O objetivo do trabalho foi a degradação fotoquímica e o reuso da água de um efluente têxtil. Estudou-se a influência do pH na degradação fotoquímica do corante *C.I. Reativo Black 5* (RB5), nas faixas de pH 7, 9 e 11, catalisada por peróxido de hidrogênio (H₂O₂) na presença de ondas ultravioletas (UV). Após o tratamento, todas as conversões obtidas foram acima de $\alpha = 0,96$, na faixa de $\lambda_{\text{máx}} = 580$ nm, em todos os valores de pH. Os efluentes foram reutilizados em tingimentos de mesma cor e posteriormente comparados com um tingimento efetuado com água bifiltrada. Foi observado e comprovado por meio de leitura espectrofotométrica e do cálculo dos desvios da cor (menor do que 1,0) que o efluente de tingimento com corante RB5 tratados com H₂O₂/UV nas faixas de pH 7, 9 e 11 podem ser reutilizados em novos tingimentos.

Palavras-chave: Corante. Degradação. Método fotoquímico. Peróxido de hidrogênio. Ultravioleta.

This work aimed to the degradation by photochemistry process and reuse of the water from textile effluent. The pH effect on the degradation of reactive black 5 dye was studied at pH 7, 9 and 11, catalyzed by hydrogen peroxide (H₂O₂) on ultra-violet (UV) irradiation. After the treatment, all conversion obtained was up to $\alpha = 0.96$, on the dye degradation at $\lambda_{\text{máx}} = 580$ nm for anyone pH used. The treated waters from textile effluents were reused in dyeing of one fabric as some color and its fabric was compared a standard of dyeing using bi-filtered water. It was observed and confirmed from results observed by spectrophotometers and color deviation (minor than 1.0) that the textile effluent with RB5 dye treated by H₂O₂/UV at pH 7, 9, and 11 can be used in new dyeing.

Key words: Degradation. Dye. Hydrogen peroxide. Photochemistry method. Ultra-violet.



Introdução

O objetivo deste trabalho é verificar os efeitos do pH (7, 9 e 11) na cinética da degradação fotoquímica de sistemas cromógenos do tipo vinilsulfônico (VS), usando a irradiação de ondas ultravioletas em presença de Peróxido de Hidrogênio. O sistema em estudo é o corante reativo *C.I. Reactive Black 5*, do tipo bi-homofuncional e grupo cromóforo azo, cuja estrutura química é apresentada na Figura 1.

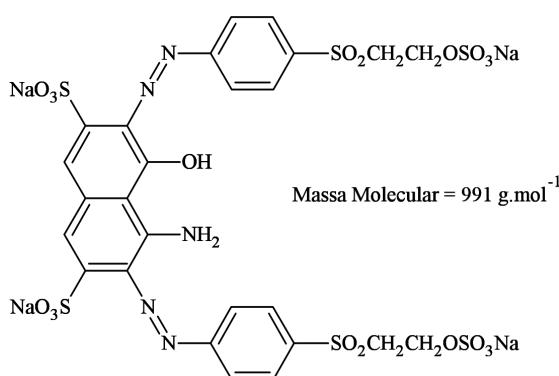


Figura 1: Estrutura do *C.I. Reactive Black 5*

Fonte: SOUZA & PERALTA-ZAMORA, 2005.

Corantes

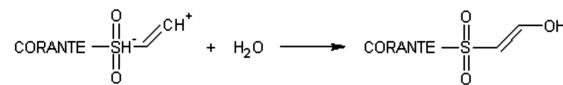
Os corantes reativos do tipo VS são utilizados principalmente para o tingimento de fibras celulósicas, exceto CA (Acetato de Celulose) e CT (Tri-acetato de Celulose). Pelo fato desses corantes reagirem não só com o substrato bem como com a água, acabam sendo um dos principais constituintes dos efluentes de tinturarias. Após o processo de coloração, o substrato passa por um processo de lavagem justamente para retirar o corante hidrolisado da superfície da fibra. O processo de coloração da celulose com esse tipo de corante é efetuado em presença de álcali e, por esse fato, o efluente gerado também possui pH alcalino. Os VS são corantes de relativa facilidade de aplicação,

pouca substantividade quando comparado aos demais tipos e sua reação com a fibra ocorre por adição nucleofílica em quatro etapas distintas, todas descritas em Shore (2002).

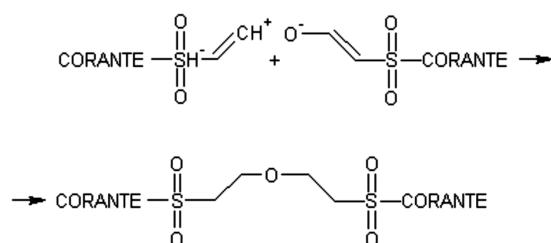
Hidrólise

O corante também reage com a água, tornando-se ineficaz na coloração do substrato. Sua reação com a água, segundo Shore (2002), pode ocorrer de duas formas:

- a) O grupo VS reage com a água formando o grupo sulfoniletanol. Isso pode ser observado pela reação a seguir.



- b) Temperaturas entre 90 e 100°C e pH acima de 11,5 em presença de ânions carbonato ou hidróxido, condições encontradas no tratamento posterior ao tingimento, são condições para a formação do 2-hidróxitethylsulfona, uma forma de dietiléter que pode chegar a 10% da massa inicial de corante utilizado. Veja o esquema da reação a seguir.

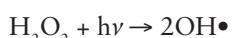


São essas duas formas que estarão presentes em maior quantidade nos efluentes. Entretanto, o objetivo do ataque fotoquímico é a destruição da coloração do sistema. O grupo cromóforo contido no corante em estudo é do tipo AZO (-N=N-) e, segundo Mota (1997), a decomposição desses grupos no esgoto pode resultar no carreamento de

nitrogênio para os corpos d'água, proporcionando o fenômeno da eutrofização, com a proliferação excessiva de algas e de vegetação aquática.

Processos Oxidativos Avançados – POA

Nos últimos anos, os POA têm sido muito pesquisados como forma alternativa para remoção de cor em efluentes. Podemos citar como exemplo Amorim, Leão & Moreira (2009), que fizeram um estudo comparativo entre cinco tipos de POA. Sobre o processo de fotocatálise homogênea UV/H₂O₂, o mesmo utilizado neste estudo, observaram que há a formação de radicais OH• pela fotólise do H₂O₂. Esses radicais possuem elevado poder oxidante, inferior apenas ao flúor, e atacam moléculas orgânicas pela abstração de um átomo de hidrogênio ou pela adição às duplas ligações. O mecanismo mais aceito para a degradação de um composto orgânico genérico (R) por radicais hidroxila pode ser representado de forma simplificada de acordo com as Equações 1 e 2 (Araujo & Yokoyama, 2006).



(reação 1)



(reação 2)

Alguns especialistas, como Hsueh et al. (2005) por exemplo, sugerem que os radicais hidroxila destroem as ligações dos grupos azo contidos nos corantes removendo a coloração dos efluentes, aliás, este tem sido um dos grupos mais pesquisado como por exemplo em Salgado et al. (2009); Amorim, Leão & Moreira (2009) e também em Vianna, Tôrres & Azevedo (2009). Porém, há várias classes de corantes e, dentro de cada classe, vários tipos. Para se ter uma idéia da imensidão, somente dos corantes utilizados no tingimento de

fibras celulósicas podemos citar os Diretos, com três classes distintas e os Reativos, com sete classes subdivididas em monofuncional, bi-heterofuncional e bi-homofuncional, dos tipos halogeno-heterocíclicos e vinilsulfônico. Além destes dois corantes, para fibras celulósicas ainda existem os corantes Sulfurosos, À tina e Naftóis (Salem, 1999). Em termos de grupo cromóforo, além dos grupos Azo (que podem ser mono, di, tri ou poliazos), temos também os grupos Antraquinônicos, Trifenilmetanos, Azinas, Oxazinas, Nitros e Stilbenos dentre vários outros, todos descritos por Abrahart (1977).

Em muitos estudos os grupos cromóforos são definidos como sendo os grupos responsáveis pela cor, entretanto, Zollinger (1991) postulou que os corantes podem ser definidos como sendo um sistema cromógeno contendo três principais grupos: os doadores de elétrons, NH₂, OH, O⁻, os receptores de elétrons, NO₂, COOH, e os cromóforos, grupos lineares ou cílicos com duplas ligações conjugadas, responsáveis pela ressonância, e que todos, em dependência mútua, seriam responsáveis por tal coloração.

Este fenômeno pode ser observado em Mendham et al. (2002) no comportamento do 3-(4-hidroxifenil)-3-fenil-2-benzofurano-1(3H)-ona em determinadas condições de pH, conforme esquema ilustrado na Figura 2.

A presença do trifenilmetano por si só não atribui coloração ao sistema. Isto só ocorre quando há perda de água, acarretando no surgimento do íon ressonante.

Isto nos leva a concluir que alterações que provoquem a perda da coloração no sistema cromógeno não é necessariamente a alteração do grupo cromóforo.

Há um corante, o *Reactive Red 195*, que tem sido estudado, inclusive com mecanismos propostos para sua degradação (JIRASRIPONGPUN et al., 2007; SILVA et al., 2006), entretanto pouco

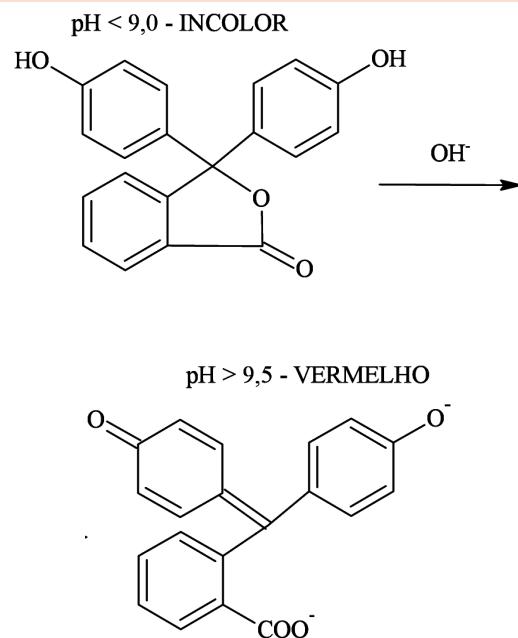


Figura 2: Variação de cor por alteração de pH
Fonte: MENDHAM et al., 2002.

se sabe sobre a maioria dos outros corantes, como por exemplo onde acontece ao certo o ataque por radicais hidroxila ou onde esse ataque ocorre primeiro, se nos grupos cromóforos, nos grupos doadores ou nos grupos receptores de elétrons. É certo que toda a matéria orgânica seja convertida em CO₂ e água, mas, nos sistemas cromógenos, ainda não há estudos comprobatórios dissertando sobre como e onde esta conversão começa ou termina.

Material e métodos

Material

Equipamentos: balança analítica Gehaka AG 200; Reator tipo batelada, composto por duas lâmpadas UVC Philips 6W e agitador magnético (Figura 3); espectrofotômetro UV-VIS Datacolor SF-600 Plus; HT Alt-1 Mathis; pHmetro Quimis.

Reagentes: solução 1,0 mol.dm⁻³ de ácido acéticoacetato de sódio; solução 1,0 mol.dm⁻³ de bicarbonato/carbonato de sódio; corante C.I.

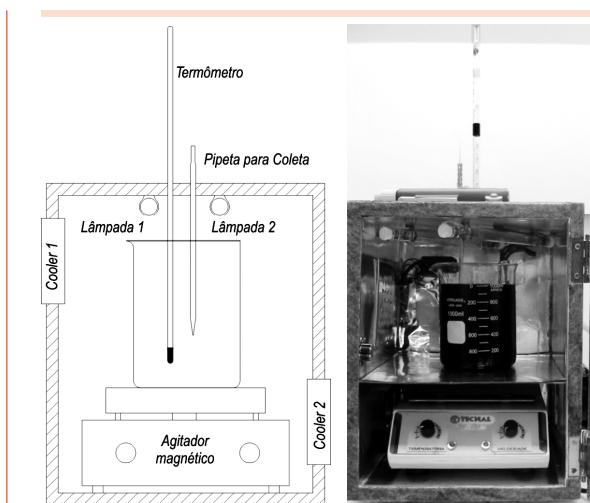


Figura 3: Esquema do reator fotoquímico

Fonte: Os autores.

Reactive Black 5; cloreto e carbonato de sódio; tensoativo aniônico; dispersante a base de nitrobenzeno sulfonado; peróxido de hidrogênio 35%; hidróxido de sódio 50 °Bé; metassilicato de sódio; água bi-filtrada para o preparo das soluções.

Materiais diversos: tecido de 1/2 malha de algodão 100%, fio cardado 30/1 Ne.

Métodos

Preparação do efluente: com a finalidade de produzir um efluente de tingimento para posterior tratamento fotoquímico, realizou-se um tingimento com o corante reativo C.I. *Reactive Black 5* em tecido de malha de algodão 100% previamente alvejada. As receitas e etapas de todo o processo de tingimento são propostas pelo fabricante do corante, como segue abaixo. Utilizou-se uma massa do substrato de 15 g, para uma relação de banho de 1:10 em um volume de 150 cm³. As Figuras 4 a 6 mostram como ocorreram as adições dos reagentes para se preparar o efluente durante cada etapa citada a seguir:

- *Receita do Tratamento Prévio*
- A – 1,0 g.dm⁻³ de Tensoativo Não-Iônico
- B – 1,0 g.dm⁻³ de Metassilicato de Sódio

C – 3,0 cm³.dm⁻³ de H₂O₂
 D – 2,0 cm³.dm⁻³ de NaOH 50° Bé

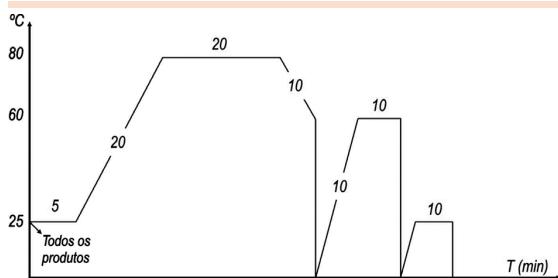


Figura 4: Tratamento prévio

Fonte: Os autores.

- *Receita do Tingimento*

A – 2% de C.I. Reactive Black 5
 B – 40,0 g.dm⁻³ de Cloreto de Sódio
 C – 12,0 g.dm⁻³ de Carbonato de Sódio

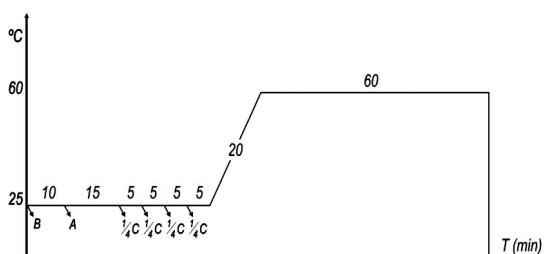


Figura 5: Representação do tingimento

Fonte: Os autores.

- *Receita do Tratamento Posterior*

A – 1,0 cm³.dm⁻³ de Ácido Acético
 B – 1,0 g.dm⁻³ de Dispersante

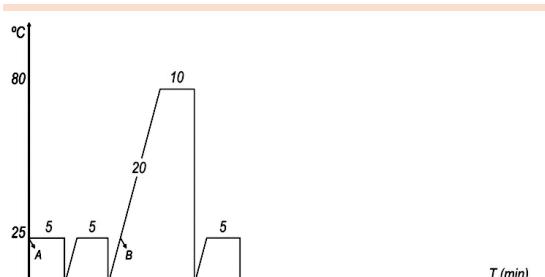


Figura 6: Representação do tingimento

Fonte: Os autores.

Tratamento fotoquímico do efluente: O efluente gerado no processo de tingimento do tecido de algodão foi dividido em três amostras, A, B e C, contendo 1,0 litro cada. Os valores de pH foram corrigidos para 7,0 (Amostra A); 9,0 (Amostra B) e 11,0 (Amostra C). Em um estudo sobre degradação foto-assistida de dois corantes realizado por Salgado et al. (2009), utilizou-se 75,5 mM de H₂O₂ sob irradiação UV, obtendo-se total descoloração dos corantes diluídos em água destilada. Entretanto, Araujo & Yokoyama (2006) já haviam demonstrado por meio de suas pesquisas que quando a quantidade de H₂O₂ está em excesso, pode ocorrer uma reação paralela, que diminui a razão de degradação da matéria orgânica. Baseado nestas informações e no intuito de minimizar custos, optamos por utilizar a quantidade de 17,5 mMol.L⁻¹ de H₂O₂ para, em seguida, tratar as alíquotas no reator durante 90 minutos, com coletas de 10 cm³ efetuadas em intervalos de 15 minutos e posterior análise espectrofotométrica UV/VIS.

Análise dos efluentes: Foram utilizados os espectros de absorção na região do visível, em comprimento de onda de máxima absorção dos corantes ($\lambda_{\text{máx}}$), para determinação da porcentagem de eficiência na descoloração do efluente. A leitura dos dados foi efetuada no espectrofotômetro Datacolor SF-600 Plus, utilizando-se cubetas de acrílico de 1,0 cm de caminho ótico. O comprimento de onda empregado para neste trabalho e para todos os cálculos foi o de 580 nm. Para determinar a influência do pH, foram feitas leituras das absorbâncias inicial (Abs₀) e final (Abs_f) das três amostras, adotando $\lambda_{\text{máx}} = 580$ nm.

Resultados e discussões

Fotodecomposição do corante: A Figura 7 mostra os gráficos de decomposição (Abs/t) obtidos para os experimentos realizados nos valores de pH de 7, 9 e 11, respectivamente.

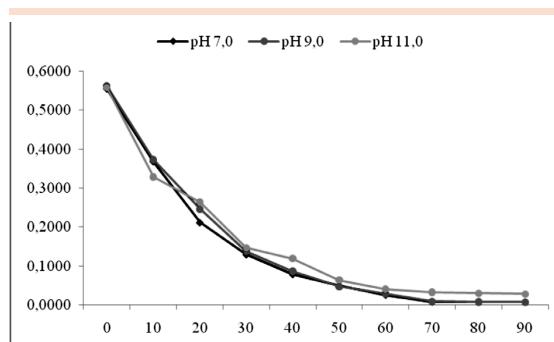


Figura 7: Decomposição do efluente em pH 7.0; pH 9.0 e pH 11.0

Fonte: Os autores.

Percebe-se que a intensidade da absorbância da luz diminui com o tempo de exposição à radiação UV em presença de H₂O₂, no reator utilizado para a decomposição fotoquímica. Ao final do processo, a absorbância na faixa de $\lambda_{\text{máx}}=580$ nm é reduzida a valores insignificantes, o que não ocorre quando expomos o efluente somente ao H₂O₂ ou à radiação UV, de forma independente e demonstrada na Figura 8. Isso demonstra que a combinação dos processos surte um efeito bastante significativo na degradação do efluente.

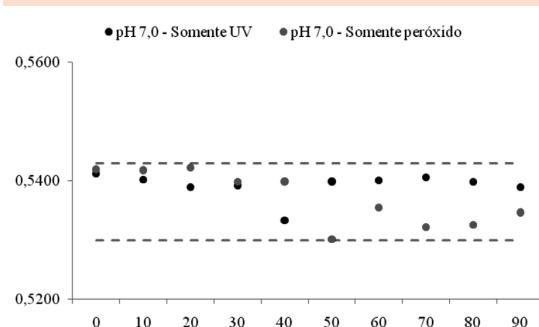


Figura 8: Exposição do efluente em pH 7.0 ao H₂O₂ (escarlate) e à Radiação (preto)

Fonte: Os autores.

Modelagem da cinética: Segundo Atkins (1988), a cinética envolvida na redução de compostos orgânicos em soluções aquosas pode ser de primeira ordem ou ordem zero, dependendo de

sua concentração (C). Se há linearidade do gráfico C em função do tempo, então a cinética é de ordem zero. Na cinética de primeira ordem, o logaritmo natural da concentração dos reagentes deve diminuir linearmente com o tempo.

Como não houve linearidade da absorbância (Abs) em relação ao tempo de exposição (t), fato observado na Figura 7, foi considerada a modelagem de uma cinética de ordem 1. Para uma absorbância média de $5,59 \times 10^{-1}$ em $\lambda_{\text{máx}}=580$ nm estimou-se a concentração de corante [RB5], por meio de comparação espectrofotométrica, em $9,28 \times 10^{-5}$ mol.L⁻¹.

Portanto, para ordem 1, teríamos:

$$\frac{d[\text{RB5}]}{dt} = -k [\text{RB5}] \quad \text{onde } k = \text{min}^{-1} \quad (1)$$

Integrando, obtém-se:

$$\int_{[\text{RB5}]_0}^{[\text{RB5}]_f} \frac{d[\text{RB5}]}{[\text{RB5}]} = -kdt \Rightarrow$$

$$\ln[\text{RB5}] = \ln[\text{RB5}]_0 - kt \Rightarrow$$

$$[\text{RB5}] = [\text{RB5}]_0 + e^{-kt}$$

(2)

Para cálculo do erro experimental foi utilizada a Equação 2:

$$\varepsilon_{[\text{RB5}]_0} = \left| \frac{([\text{RB5}]_{\text{Calc}} - [\text{RB5}]_{\text{Exp}})}{[\text{RB5}]_{\text{Real}}} \right| \quad (3)$$

Para as conversões obtidas nas três faixas de pH:

$$\alpha_{\text{Abs}} = \frac{\text{Abs}_o - \text{Abs}_f}{\text{Abs}_o}$$

(4)

Nas Figuras 9 a 11 os gráficos de $\ln [RB5]$ versus t , os quais retratam o comportamento obtido experimentalmente nas três faixas de pH, nas quais se pode verificar que houve um comportamento de uma reação de primeira ordem nos três ensaios realizados. Os pontos representam a parte experimental e a reta representa a linha de tendência (calculado).

A Tabela 1 apresenta os valores de conversão, as equações de cinética das reações, os valores de R^2 para as equações e o erro experimental.

Com base nos dados obtidos pelas medições fotométricas das amostras para os três ensaios analisados (pH 7, 9 e 11), chegaram-se aos resultados da eficiência do processo de tratamento fotoquímicos dos efluentes.

Considerando-se que o objetivo do trabalho foi a obtenção da água de reuso, para utilização em novos processos e, aliando-se este objetivo com o fato do pH 7 ser utilizado como pH inicial da maioria dos processos de beneficiamentos, fica comprovado que o melhor tratamento foi obtido na faixa de pH 7,0.

Este fato também pode ser observado na Figura 11, que mostra uma comparação visual feita entre o efluente bruto e as alíquotas tratadas pelo método UV/ H_2O_2 . Pelos resultados obtidos no processo, não se nota efeito significativo do pH sobre os valores de conversão.

Reuso da Água

A cor TP 181346, do “Caderno Inspirações e Tendências para Design de Moda” (SENAI, 2008), foi selecionada para ser desenvolvida em quatro

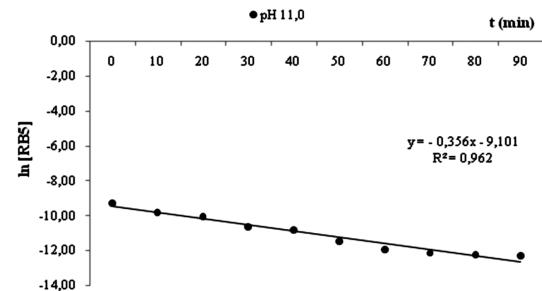


Figura 11: $\ln [RB5]$ versus t , em pH 11,0

Fonte: Os autores.

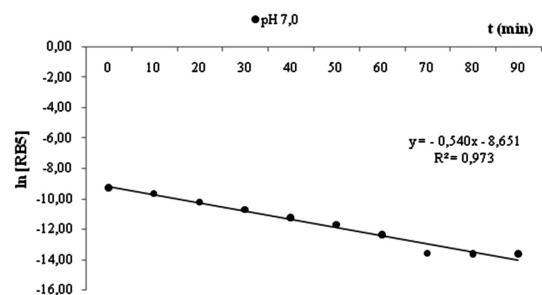


Figura 9: $\ln [RB5]$ versus t , em pH 7,0

Fonte: Os autores.

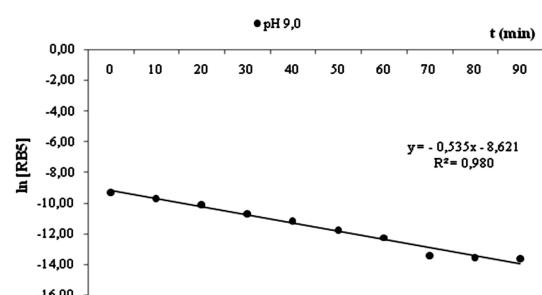


Figura 10: $\ln [RB5]$ versus t , em pH 9,0

Fonte: Os autores.

Tabela 1: Resultados dos tratamentos

| pH | Equação 1 | R^2 | $k (\text{min}^{-1})$ | $[RB5]_{\text{Calc}}$ | $[RB5]_{\text{Exp}}$ | ϵ | $\alpha_{[RB5]}$ |
|----|--|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------------|
| 7 | $\ln [RB5] = -8,6513 - 0,5409 \cdot t$ | 0,97 | 0,54 | $1,75 \times 10^{-4}$ | $9,28 \times 10^{-5}$ | 0,88 | 0,99 |
| 9 | $\ln [RB5] = -8,6212 - 0,5352 \cdot t$ | 0,98 | 0,53 | $1,80 \times 10^{-4}$ | $9,28 \times 10^{-5}$ | 0,94 | 0,99 |
| 11 | $\ln [RB5] = -9,1017 - 0,3564 \cdot t$ | 0,96 | 0,35 | $1,11 \times 10^{-4}$ | $9,28 \times 10^{-5}$ | 0,20 | 0,95 |

Fonte: Os autores.

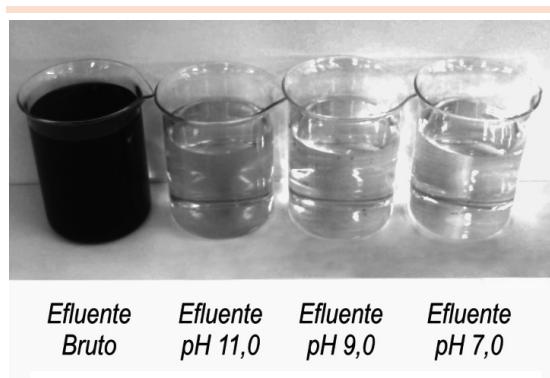


Figura 12: Comparação entre o efluente bruto e as amostras tratadas com pelo processo UV/H₂O₂

Fonte: Os autores.

tingimentos. Em um deles foi utilizado água bifiltrada e nos outros três, os efluentes tratados. O processo está descrito em Marcos Rosa (2008) e o tingimento efetuado com água bifiltrada (AB) foi classificado como padrão. Os desvios com relação à cor de uma amostra padrão estão representados na Tabela 2. Estes foram obtidos por meio da Equação de Adams-Nickerson, dada pela equação 5, e descrita em Lozano (1978) e.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (5)$$

Onde: ΔE = desvio total da cor; ΔL = desvio no eixo "L"; Δa = desvio no eixo "a" e Δb = desvio no eixo "b". Os eixos "L", "a" e "b" fazem parte do Sistema CIELab, definidos pela International Commission of Illumination (CIE) como sendo o eixo "L" para a Luminosidade, o eixo "a" para variações de tonalidade entre o Verde e o Vermelho, e o eixo "b", para variações de tonalidade entre o Amarelo e o Azul. O gráfico CIELab está demonstrado na Figura 13, em 3D (todos os eixos juntos) e também em 2D (separados os eixos "L" e "a/b").

Os resultados para os desvios dos tingimentos efetuados com as amostras de efluentes tratadas com luz ultravioleta estão na Tabela 2. Quanto mais próximos de zero estiverem os valores (Padrão = 0), menor a diferença de cor entre eles e o padrão que, neste caso, é o tingimento realizado com água bifiltrada.

Tabela 2: Desvios dos tingimentos

| Valores dos desvios | |
|--------------------------|------|
| $\Delta E_{AB/pH\ 7,0}$ | 0,16 |
| $\Delta E_{AB/pH\ 9,0}$ | 0,51 |
| $\Delta E_{AB/pH\ 11,0}$ | 0,68 |

Fonte: Os autores.

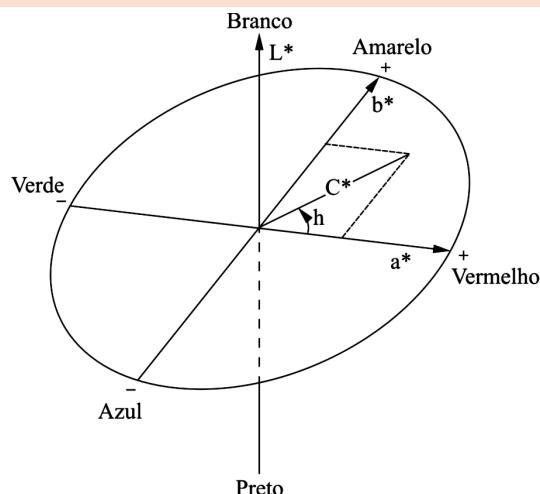
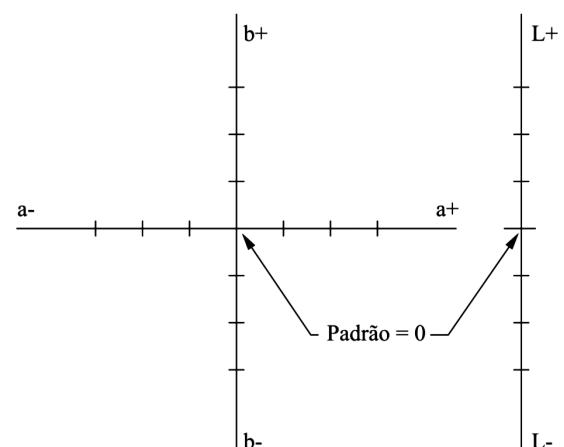


Figura 13: Sistema CIELab

Fonte: Adaptado de ZOLLINGER, 1991.



Conclusão

Os resultados mostraram que para todos os valores de pH utilizado neste trabalho, a conversão da decomposição do corante na faixa de $\lambda_{\max} = 580$, via fotocatálise com H_2O_2 na presença de luz UV foi de $\alpha > 0,95$ em todos os ensaios, demonstrando que o pH não interfere nessa faixa. Os três efluentes obtidos após tratamento foram utilizados como água de reuso para tingimento em cores escuras, atendendo aos padrões de qualidade exigidos pela indústria, conforme pode se observar pelos valores dos desvios $\Delta E_{AB/pH\ 7,0} = 0,16$; $\Delta E_{AB/pH\ 9,0} = 0,51$ e $\Delta E_{AB/pH\ 11,0} = 0,68$; perfeitamente aceitáveis dentro dos padrões exigidos no mercado atual, que é de $\Delta E = 1,0$.

O efluente tratado em pH 7, por não necessitar de correção de pH para se utilizado como água de reuso, e por ter rendimento de processo equiparado aos melhores resultados obtidos foi considerado como a melhor condição para uso no processo de fotodecomposição do corante C.I. *Reactive Black 5*.

Entretanto, é importante frisar que ainda há várias etapas a serem desenvolvidas, pois este é somente o estudo de um determinado corante, de uma determinada classe e tipo, em algodão 100% e sob determinadas condições.

Agradecimentos:

Os autores agradecem à FAP/UNINOVE pelo suporte financeiro.

Referências

ABRAHART, E. N. *Dyes and Their Intermediates*. 2nd Edition, Edward Arnold Publishers Ltd, Hill Street, London, 265 p., 1977.

ARAUJO, F. V. F.; YOKOYAMA, L. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H_2O_2 /UV. *Química Nova*, vol. 29, nº 1, 11-14, 2006.

AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D.; MOREIRA, R. F. P. M. Comparação entre diferentes processos oxidativos avançados para degradação de corante azo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 14, nº 4, Rio de Janeiro, dezembro, 2009.

ATKINS, P.W. *Physical Chemistry*. 3rd Edition, Oxford, 857 p., 1988.

IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the Gold Book). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford. XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8, 1997.

HSUEH, C. L. et al. Degradation of azo dyes using low iron concentration of Fenton and Fenton-like system. *Chemosphere*, v. 58, n. 10, p. 1409-1414, 2005.

JIRASRIPONGPUN, K.; NASANIT, R.; NIRUNTASOOK, J.; CHOTIKASATIAN, B. “Decolorization and degradation of Reactive Red 195”. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, vol. 12, n. 4, p. 6-11, 2007.

LOZANO, R. D. *El color y su medición*. Editorial Américalee S.R.L., Buenos Aires, 639 p., 1978.

MENDHAM, J.; DENNEY, R. C. & BARNES, J. D. *Vogel – Análise Química Quantitativa*. LTC Editora, 6^a Ed., 462p., Rio de Janeiro, 2002.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 1997.

MARCOS ROSA, J. Reativo ou Tina? Vantagens e Desvantagens no tingimento de algodão 100% acondicionados em bobinas cruzada. In: *Proceedings of XIX Congresso Latinoamericano de Química y Textil*, Santiago, Chile, out/2008.

SALEM, V. *Curso de Tingimento*. São Paulo, Golden Química, 1999.

SALGADO, B. C. B. et al. “Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂)”. In: *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 14, Rio de Janeiro, março, 2009.

SDC – Society of Dyers and Colourists, AATCC – American Association of Textile Chemists and Colorists. *Colour Index*, Manchester, UK, 1971.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. *Caderno Inspirações e Tendências para Design de Moda*, Editora do SENAI, São Paulo – SP, 2008.

SHORE, J. *Colorants and Auxiliaries*. v.1: Colorants, 2nd Edition, SDC, Manchester, UK, 2002.



SILVA, C. G.; WANG, W.; FARIA, J. L. Photocatalytic and photochemical degradation of mono-, di- and tri-azo dyes in aqueous solution under UV irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v. 181, n. 2-3, p. 314-324, 2006.

SOUZA, C. L. R.; PERALTA-ZAMORA, P. Degradação de corantes reativos pelo sistema ferro metálico/peróxido de hidrogênio. *Química Nova*, vol.28, nº2, São Paulo, Abr, 2005.

VIANNA, V. B.; TÔRRES, A. R.; AZEVEDO, E. B. Degradação de corantes ácidos por processos oxidativos avançados usando um reator com disco rotatório de baixa velocidade. *Química Nova*, vol. 31, nº 6, São Paulo, 2008.

ZOLLINGER, Z. *Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications on Organic Dyes and Pigments*. 2nd Edition, New York, VCH Publishers, Inc, 1991.

Recebido em 6 nov. 2009 / aprovado em 22 jun. 2010

Para referenciar este texto

ROSA, J. M.; BAPTISTA, E. A.; SANTANA, J. C. C. Degradação fotoquímica e reuso da água obtida de um efluente têxtil tratado via UV/H₂O₂. *Exacta*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 169-178, 2010.