

**II-499 - REMOÇÃO DO CORANTE REMAZOL AMARELO RNL 150%
UTILIZANDO REAGENTE DE FENTON E LUZ SOLAR****A.P.FERREIRA**

Engenheira Química pela UFPE, mestre em engenharia química UFPE, aluna de doutorado da UFPE e professora da secretária de educação do estado de Pernambuco.

M.BENACHOUR

Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial 3, Orientador de Mestrado, Orientador de Doutorado, Doutorado em Génie Des Procédés pelo Institut National Polytechnique de Lorraine, França(1990), Professor Associado 2 da Universidade Federal de Pernambuco Brasil.

V.L.SILVA

Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2, Orientador de Doutorado, Doutorado em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil(1991), Sub Chefe do Departamento de Eng Química da Universidade Federal de Pernambuco Brasil.

Endereço: Rua Maria Digna Gameiro, 6869 apt: 104 Edf: Búzios - Candeias - Jaboatão dos Guararapes - PE - CEP: 54450-050 – Brasil – Tel: (081) 9743- 7146 e-mails: andreapacheco14@gmail.com

RESUMO

A indústria têxtil tem utilizado corantes que ao entrarem no meio aquático comprometem a estética das águas e impedem a fotossíntese, comprometendo os processos hidroquímicos. No contexto do tratamento dos efluentes industriais, destacam-se os Processos Oxidativos Avançados (POAs) que apresentam alta eficiência na degradação de inúmeros compostos orgânicos e um custo operacional relativamente baixo. Os POAs são processos de oxidação nos quais são gerados radicais hidroxilas muito reativos que interagem com as moléculas do poluente, convertendo-as em produtos inertes. Neste trabalho, foi proposta a otimização de experimentos que utilizam o processo Foto-Fenton utilizando luz solar num sistema em batelada para a remoção do corante Remazol Amarelo Ouro RNL 150% de soluções aquosas sintéticas. Foi aplicado um planejamento fatorial de 2^3 no qual os fatores estudados foram: volume da solução de Fe^{+2} (μL), volume de H_2O_2 (μL) e o tempo de irradiação. A resposta a ser otimizada foi a taxa de remoção do corante (%). Analisando-se os resultados gerados pelo planejamento fatorial verificou-se que o experimento que permitiu a maior taxa de remoção do corante envolveu as condições operacionais seguintes: concentrações de H_2O_2 e Fe^{+2} de 38,71 mol/L e $2,4 \cdot 10^{-5}$ mol/L, respectivamente, tempo de irradiação de 30 min no sistema luz solar. A taxa média de remoção nestas condições foi de 98,95%.

PALAVRAS-CHAVE: corantes, processos oxidativos avançados, reação Fenton, Foto-Fenton, planejamentos fatoriais.

INTRODUÇÃO

A questão ambiental em países desenvolvidos e em desenvolvimento tem sido alvo das comunidades científicas e em especial no que se refere às novas legislações que restringem a disposição final e o descarte de subprodutos na biosfera. A indústria têxtil apresenta grande potencial de poluição, dado o elevado consumo de corantes e aditivos (ligantes, fixadores, antiespumantes, espessantes, amaciantes, dentre outros) durante a etapa de tingimento e as etapas de pré-tingimento e armazenagem, respectivamente.

O problema da coloração tem atraído a atenção de pesquisadores, ambientalistas e órgãos governamentais, considerando que esses corantes são misturas de compostos com estrutura molecular complexa, que faz dos mesmos produtos estáveis e de difícil biodegradação.

Os corantes têxteis, principalmente os azo corantes, representam um sério problema ambiental, pois uma grande quantidade destes é descartada nos efluentes durante o processo de tingimento de grande aplicação na indústria têxtil. O impacto ambiental não se deve somente à cor do efluente, mas também a presença dos resíduos dos azos corantes que podem prejudicar potencialmente a qualidade de água dos rios e mananciais.

Os processos físicos/químicos convencionais aplicados ao tratamento de águas residuárias têxteis, tais como: coagulação/floculação, separação por membrana, processos adsorptivos, simplesmente concentram e transferem os poluentes de uma fase para outra, tornando a sua degradação um problema a ser solucionado.

Neste contexto surgiram os Processos Oxidativos Avançados (POAs) que apresentam várias técnicas alternativas, podendo-se citar a reação de Foto-Fenton que geram radicais hidroxilas, com elevado poder de oxidação, pela decomposição de peróxido de hidrogênio. Esses processos incluem combinações de radiações ultravioletas (UV) e oxidantes químicos como UV/H₂O₂, UV/O₃, UV/H₂O₂/Fe.

Os principais fatores que influenciam a remoção de cor são: a dosagem, o tipo de oxidante, a concentração inicial do corante, a intensidade da radiação e o tempo de contato.

Autores têm usado o planejamento experimental, ferramenta baseada na abordagem estatística, que permite superar as limitações de avaliação de dados univariados. Esta ferramenta permite determinar a influência das variáveis independentes no processo e das suas interações cruzadas, em uma determinada variável dependente.

O presente trabalho teve como objetivo geral a remoção do corante Remazol Amarelo Ouro RNL 150% das soluções aquosas sintéticas, utilizando-se o método Foto-Fenton com luz solar num sistema reacional operando em batelada. Foram adotados planejamentos fatoriais 2³, considerando-se como variáveis: a concentração do ferro, a concentração do peróxido de hidrogênio e o tempo de irradiação.

MATERIAS E MÉTODO

Todos os reagentes utilizados neste trabalho foram de grau analítico, com exceção do peróxido de hidrogênio (comercial-50%) e do corante têxtil. As soluções foram preparadas com água destilada com condutividade 5,0 µS/cm. A pesagem das amostras de corante foi realizada numa balança analítica com quatro casas decimais.

Os reagentes utilizados na preparação das soluções aquosas foram: Sulfato Ferroso Heptahidratado (FeSO₄·7H₂O) MERCK S. A Ind. Químicas Ltda; Peróxido de Hidrogênio 50% (H₂O₂) Assunção Representações e Com. Ltda; Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) F. Maia – Indústria e Comércio Ltda, Corante Remazol Amarelo Ouro 150% DyStar (Figura 1).

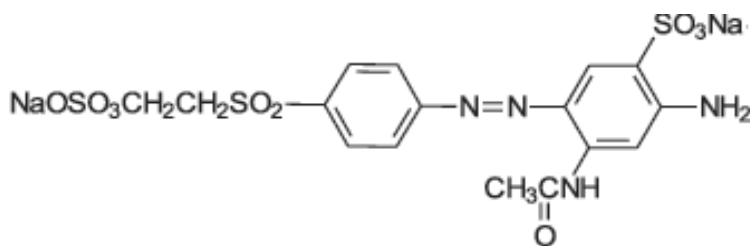


Figura 1: Estrutura molecular do corante Remazol amarelo Ouro RNL 150%.

Fonte: KUNZ *et al.* (2002).

O método utilizado nesse processo foi o Foto-Fenton utilizando luz solar as principais variáveis foram: o teor de ferro, peróxido de hidrogênio e o tempo de irradiação as quantidades de concentrações dos reagentes utilizados se encontra na (Tabela 1).

O planejamento 2³ realizado teve como intuito de avaliar a interação entre as variáveis e partindo de uma estequiometria conhecida, identificar as condições nas quais comecem a ocorrer a remoção da cor do efluente sintético para sua otimização.

Tabela 1: Variáveis e níveis estudados no processo de remoção do corante Remazol Amarelo Ouro RNL 150%.

Variáveis	Níveis		
	Inferior (-)	Ponto Central (0)	Superior (+)
1 – Concentração da solução de Fe^{2+} (mg/L)	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$
2 – Concentração de H_2O_2 (mg/L)	19,35	29,03	38,71
3 – Tempo de irradiação (min)	20	30	40

RESULTADOS

Foi observado que o planejamento fatorial com sistema de luz solar conferiu respostas da taxa remoção do corante muito próximas (Tabela 2), provavelmente devido ao excesso do reagente Fenton (quantidade de H_2O_2 mais quantidade de Fe^{2+}) utilizado, visto que após um tempo mínimo de 10 min de exposição à radiação solar, visualmente as soluções dos corantes já apresentavam considerável remoção da cor.

As Figuras 2 e 3 mostram a fotografia das amostras de corante no início e após 40 min de exposição à radiação solar, respectivamente.

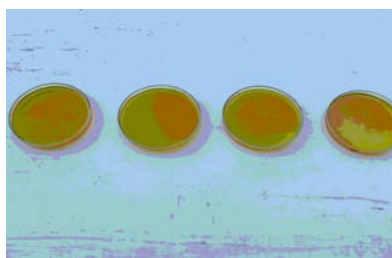


Figura 2: Processo de remoção da cor do corante, no início da exposição à radiação solar.

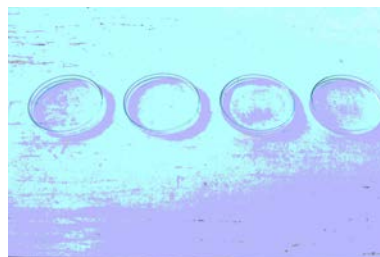


Figura 3: Processo de remoção da cor do corante, após 40 minutos da exposição à radiação solar.

Tabela 2: Resultados do planejamento fatorial sistema Luz Solar.

Experimento	H_2O_2 (μL)	Fe^{2+} (μL)	Tempo de exposição à luz solar (min)	Concentração remanescente do corante (mg/L)	Remoção de cor (%)
1	4 (-)	2 (-)	20 (-)	9,61	90,39
2	8 (+)	2 (-)	20 (-)	5,42	94,57
3	4 (-)	4 (+)	20 (-)	12,96	87,03
4	8 (+)	4 (+)	20 (-)	6,70	93,29
5	4 (-)	2 (-)	40 (+)	5,12	94,80
6	8 (+)	2 (-)	40 (+)	2,27	97,73
7	4 (-)	4 (+)	40 (+)	6,29	93,70
8	8 (+)	4 (+)	40 (+)	2,09	97,90
9	6 (0)	3 (0)	30 (0)	1,77	98,22
10	6 (0)	3 (0)	30 (0)	1,76	98,23*
11	6 (0)	3 (0)	30 (0)	1,81	98,19

Verificou-se que no sistema de luz solar a melhor condição foi a do ponto central com as concentrações de H_2O_2 e de Fe^{+2} respectivamente igual a 38,71 mol/L e $2,4 \cdot 10^{-5}$ mol/L no tempo de 30 min. Vale sublinhar que nos ensaios 1 e 5, onde os níveis de reagentes são mínimos e o tempo de 20 e 40 min, respectivamente, também apresentaram uma taxa de remoção alta de 90,39% para o ensaio 1 e 94,80% para o ensaio 5. Podendo, assim, um ou outro ser aplicado em uma indústria onde os custos serão mais baixos e a agressão ao meio ambiente reduzida. Foram calculados os efeitos principais e de interação entre as variáveis de estudo sobre teor de remoção do corante (Tabela 3). Utilizando-se as repetições realizadas nos ensaios do planejamento fatorial, foram calculados os erros padrão e os intervalos de 95% de confiança para o valor de um efeito. O efeito cujo valor absoluto excede 1,40 (erro padrão $\times t_{\text{student}}$) é considerado estatisticamente significativo. Nota-se que os efeitos principais, quantidade de H_2O_2 e Fe^{+2} , são as que apresentam efeitos significativos positivos, respectivamente, 4,8 e 4,5 e os efeitos de interação não apresentaram significância, pois é menor que 1,40.

Tabela 3: Efeitos principais e efeitos de interação entre as variáveis do planejamento fatorial Sistema Luz Solar.

Efeitos	Variáveis	Valor dos Efeitos	Erro Padrão
Efeitos Principais	$H_2O_2(\mu L)$	4,8	+/-0,62
	$Fe^{2+}(\mu L)$	4,5	+/-0,62
	Tempo	-1,3	+/-0,62
Efeito de interações entre as variáveis	$H_2O_2(\mu L) \times Fe^{2+}(\mu L)$	-0,8	+/-0,62
	$H_2O_2(\mu L) \times \text{Tempo}$	1,0	+/-0,62
	$Fe^{2+}(\mu L) \times \text{Tempo}$	1,0	+/-0,62
	$H_2O_2(\mu L) \times Fe^{2+}(\mu L) \times \text{Tempo}$	-0,1	+/-0,62

De acordo com o gráfico da variação da taxa de remoção do corante com os níveis dos dois fatores Figura 4 é mínima ao serem aumentados os níveis de H_2O_2 e de Fe^{+2} de (-) para (+) quando o tempo é 20 min. O mesmo comportamento é observado no tempo de 40 min Figura 5. Deste modo, verifica-se que, mesmo usando os níveis mínimos de reagente Fenton (experimentos 1 e 5), para os tempos de 20 e 40 min, o resultado de remoção é praticamente constante, com uma estimativa de erro de 0,62% (dois graus de liberdade em relação ao ponto central), confirmando-se a hipótese do efeito prevaiente do excesso de reagente Fenton presente nas soluções sobre a degradação do corante.

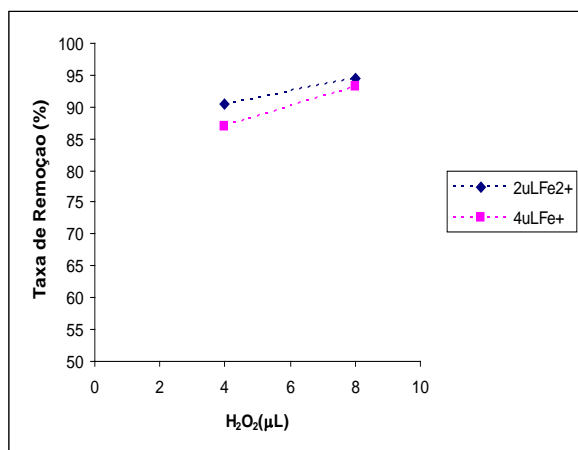


Figura 4: Gráfico da variação da taxa de remoção de cor com os níveis dos três fatores. Tempo de 20 min.

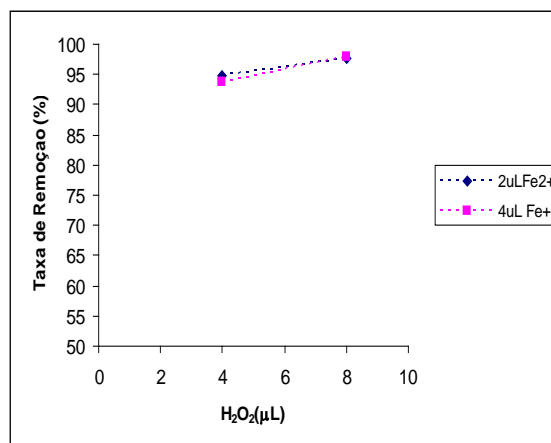


Figura 5: Gráfico da variação da taxa de remoção de cor com os níveis dos três fatores. Tempo de 40 min.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram a eficiência dos processos propostos para o tratamento de soluções aquosas sintéticas contendo o corante Remazol Amarelo Ouro RNL 150%. O uso do planejamento fatorial permitiu a definição das melhores condições de operação dos sistemas Fento e Foto-Fenton. Desta forma, é possível concluir que: No sistema Foto-Fenton luz solar, as concentrações dos reagentes, H_2O_2 38,71 mol/L (8 μ L) e Fe^{+2} 2,4x10⁻⁵ mol/L (4 μ L) usadas no planejamento fatorial são muito altas, levando a um excesso do reagente Fenton, visto que a taxa de remoção não foi alterada significativamente mesmo usando os níveis menos dos fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOGATE, P.R.; PANDIT, A.B. A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods. *Advances in Environmental Research*, v. 8, p. 553-597, 2004.
2. ROSALEN, I.A; MONTEIRO, R.T.R; DELLAMATRICE, P.M; KAMIDA, H.M. Biodegradação de Efluente Têxtil e Nove Corantes Técnicos Utilizando Fungos Basidiomicetos. *Revista Química Têxtil*, nº 76, p.44-52, 2004.
3. SWAMINATHAN, K.; SANDHYA, S.; SOPHIA, A.C.; PACHHADE, K.; SUBRAHMANYAM, Y.V. – Decolorization and degradation of H-acid and other dyes using ferrous-hydrogen peroxide system. *Chemosphere*. v.50, 619-625, 2003.
4. WANG, C.; YEDILER, A.; LIENERT, D.; WANG, Z.; KETTRUP, A. – Ozonation of an azo dye C.I. Remazol Black 5 and toxicological assessment of oxidation products. *Chemosphere*. v.52. 1225-1232. 2002.
5. VAUTIER M; GUILLARD C; HERRMANN J.M. Photocatalytic degradation of dyes in water: case study of indigo and of indigo carmine. *J Catal* 2001;201:46e59.