

II-576 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO UV/H₂O₂ NA REMOÇÃO DE CORANTES AZO E ANTRAQUINÔNICO ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO MULTIVARIADA E ESTUDOS CINÉTICOS

Marcos Erick Rodrigues da Silva⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Jéssica Linhares dos Santos

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE).

Sarah de Abreu Moreira

Doutora em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Paulo Igor Milen Firmino

Doutor em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela UFC. Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

André Bezerra dos Santos

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Guarani, 317, Derby Clube - Sobral - CE - CEP: 62042-030 - Brasil - Tel: (88) 3112-8146 - e-mail: marcoserick16@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de otimização multivariada do processo oxidativo avançado do tipo H₂O₂/UV na remoção de corantes azo RB5 e antraquinônicos RB4 e RB19 em meio aquoso na presença ânions inorgânicos. Os estudos de descoloração dos efluentes foram realizados em um fotoreator, confeccionado em geometria anelar, composto por um tubo de quartzo central, em torno desse tubo foram uniformemente distribuídas seis lâmpadas (UV-C), com comprimento de onda $\lambda = 254$ nm e potência de 15 W cada. O volume útil do fotoreator é de aproximadamente 500 mL. Os estudos de otimização mostraram que para o processo H₂O₂/UV foram obtidas elevadas remoções dos corantes, evidenciando o potencial de aplicação desse processo. As condições ótimas para a remoção de 95% dos corantes RB5 e RB4, mostraram que o RB4 apresentou maior recalcitrância, requerendo maior concentração de H₂O₂ e potência da radiação UV. O aumento da concentração dos corantes RB5 e RB4 reduziu consideravelmente a eficiência do processo H₂O₂/UV, o que implica na necessidade de realizar otimizações multivariadas incluindo a concentração inicial dos corantes como variável do processo. Quanto à influência dos sais na eficiência de descoloração do RB5 e RB19 através do processo H₂O₂/UV, foi possível evidenciar efeito inibitório, em especial, para o ânion carbonato. Além disso, para o corante antraquinônico RB19 o efeito foi mais significativo.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização multivariada; efluente têxtil; processo oxidativo avançado.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é conhecida pelo intenso consumo de energia e água causando poluição intensa. Com efeito, o impacto de efluentes têxteis em meio aquático tem sido, tradicionalmente, de grande preocupação, pois eles contêm altas concentrações de sais, sólidos suspensos totais, cor, demanda química de oxigênio (DQO), nutrientes e compostos tóxicos, como os surfactantes, metais pesados e compostos orgânicos clorados. (CORREIA *et al.*, 1994; SILVA FILHO, 2006)

Na Região Nordeste, o principal estado produtor é o Ceará, sendo basicamente formado por médias e grandes empresas, ocupando o segundo lugar no País, respondendo por 16,5% do PIB estadual. O setor têxtil apresenta destaque no cenário econômico local e junto com a agroindústria e o setor pesqueiro são as bases de desenvolvimento industrial do Estado do Ceará. São cerca de 15 empresas que geram aproximadamente 18 mil empregos diretos, especialmente localizadas na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), possuindo alto grau de verticalização. Com foco na produção de fios de algodão e tecido *denim*, a Vicunha é a empresa de maior

destaque têxtil da América Latina, que concentra quatro de suas unidades produtivas brasileiras na RMF. (SILVA FILHO, 2006; VIANA *et al.*, 2008; OLIVEIRA, 2013).

Do ponto de vista ambiental, a indústria têxtil apresenta como principais características o grande consumo de água para a produção de tecido e, conseqüentemente, a geração de elevados volumes de águas residuárias altamente coloridas. Exemplificando, tem-se que, no processo de acabamento, são necessários 100 mil litros de água para produzir-se uma tonelada de tecido (SILVA FILHO, 2006).

Com a grande demanda de produtos têxteis, por consequência observou-se um crescimento proporcional alto na geração de efluentes, por meio dos quais grandes quantidades de corantes e os mais diversificados produtos químicos são encontrados nesses efluentes que são descartados de forma incorreta nas águas superficiais, gerando danos irreparáveis para o meio.

O descarte de efluentes coloridos no meio ambiente é indesejável não somente por afetar a estética, a transparência e a solubilidade de gases dos corpos hídricos, mas também por muitos corantes e seus subprodutos serem tóxicos, mutagênicos ou carcinogênicos (WEISBURGER, 2002).

A fim de evitar tal desequilíbrio em ecossistemas aquáticos e os problemas de saúde toda água residuária proveniente de atividades industriais deve receber tratamento adequado antes de sua disposição no meio ambiente. Por este motivo, diversos países têm estabelecido severas restrições com respeito à disposição destes efluentes (WONG *et al.*, 2003).

Entre alternativas de tratamento, surgem os Processos de Oxidação Avançada (POAs), onde se destacam na eliminação completa de componentes tóxicos, uma vez que, em geral, destroem as moléculas orgânicas poluentes, ao invés de simplesmente removê-las para outra fase, gerando por consequência resíduos mais ambientalmente aceitáveis (LIU *et al.*, 2007; PANIZZA e CERISOLA, 2001).

Os processos oxidativos são conhecidos por ter em sua base a geração de radicais ($\bullet\text{OH}$), que são responsáveis pela oxidação. Estes processos são limpos e não seletivos, podendo, assim, degradar inúmeros compostos orgânicos em fase aquosa, gasosa ou absorvidos numa matriz sólida.

A utilização de sistemas homogêneos de fotodegradação tais como UV/H₂O₂ tem atraído muita atenção em virtude de suas elevadas eficiências na oxidação de variados poluentes incluindo os corantes (ELMORSI *et al.*, 2010).

A disseminação dos POAs atingiu principalmente os grandes centros de pesquisas e universidades, que visam sempre o desenvolvimento desses processos para o tratamento de efluentes aquosos, redução da toxicidade desses efluentes e remoção de poluentes de sistemas contaminados.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo de otimização multivariada do processo oxidativo avançado do tipo H₂O₂/UV na remoção de corantes azo RB5 e antraquinônicos RB4 e RB19 em meio aquoso na presença ânions inorgânicos.

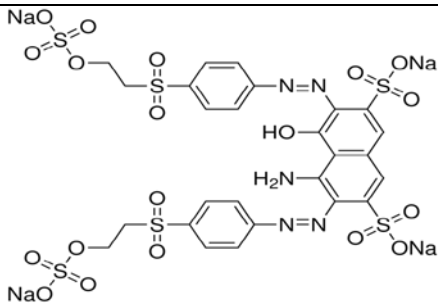
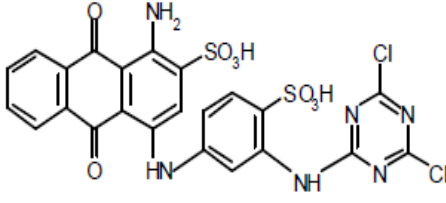
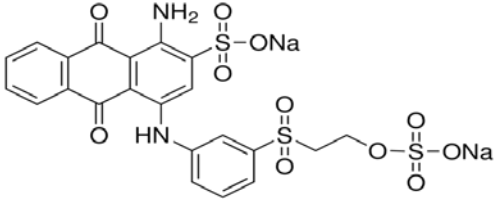
MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Neste estudo foram utilizados três efluentes sintéticos, contendo, individualmente, os corantes: azo *Reactive Black 5* (RB5) (Sigma Aldrich), o corante antraquinônico *Reactive Blue 4* (RB4) (Sigma Aldrich) e o corante antraquinônico *Reactive Blue 19* (RB19) (Sigma Aldrich).

As soluções de corantes utilizadas nos experimentos foram preparadas a partir da dissolução da quantidade necessária de cada corante em água destilada. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características dos corantes estudados.

Tabela 1: Características dos corantes utilizados na pesquisa.

Corante/Classe	Estrutura Química / Fórmula Molecular	λ_{\max} (nm)	Peso molecular (g/mol)
Reactive Black 5 (RB5) Azo	 $C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$	598	991,82
Reactive Blue 4 (RB4) Antraquinônico	 $C_{23}H_{14}Cl_2N_6O_8S_2$	592	637,43
Remazol Brilliant Blue R (RB19) Antraquinônico	 $C_{22}H_{16}N_2Na_2O_{11}S_3$	592	626,54

Os reagentes empregados no processo de oxidação avançada foi o peróxido de hidrogênio H_2O_2 (30%) (Dinâmica). Na correção do pH das amostras era utilizado uma solução de H_2SO_4 (5M) ou solução de NaOH (5M). Para interromper a reação nas amostras coletadas ao longo do tempo, elevava-se o pH para próximo de 10 e adicionava-se sulfito de sódio anidro Na_2SO_3 (Vetec) para remover o residual de H_2O_2 . Dentre os sais utilizados, destaca-se: carbonato de sódio (Na_2CO_3); Cloreto de sódio (NaCl); nitrato de sódio ($NaNO_3$) todos adquiridos da Vetec.

O fotoreator utilizado foi confeccionado em geometria anelar, composto por um tubo de quartzo central, que possibilita a transmissão das radiações UV pelas suas paredes. Em torno desse tubo foram uniformemente distribuídas sete lâmpadas (UV-C) da marca Phillips, com comprimento de onda $\lambda = 254$ nm e potência de 15 W cada, como mostrado na Figura 1. O volume útil do fotoreator é de aproximadamente 500 mL.

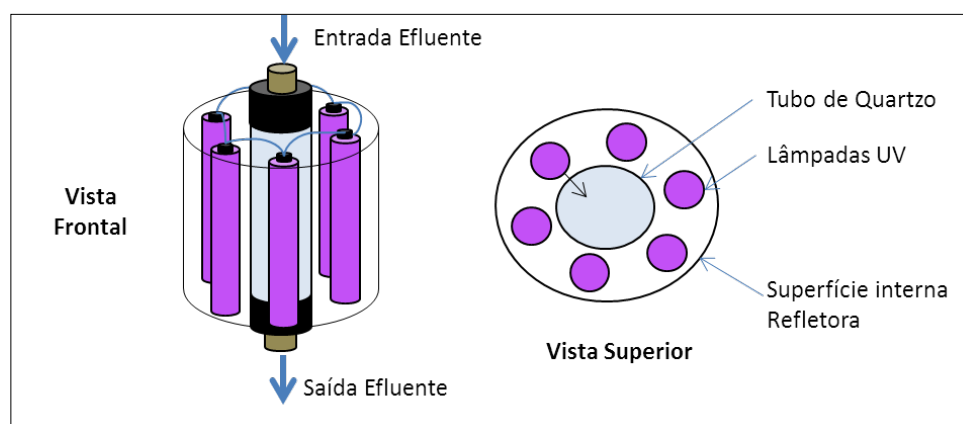


Figura 1: Esquema representativo do fotoreator utilizado na pesquisa.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios com os processos UV/H₂O₂ e Foto-fenton foram realizados no fotoreator descrito no item anterior. Todos os experimentos foram realizados em regime de bateladas e em temperatura ambiente, de aproximadamente 25°C.

O pH do efluente sintético, quando necessário, foi ajustado utilizando-se soluções de ácido sulfúrico (H₂SO₄) ou hidróxido de sódio (NaOH). A concentração de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio, 30%) adicionada às amostras, assim como a potência da radiação UV, variaram de acordo com as condições pré-estabelecidas para os experimentos. O tempo total das reações foi definido em 30 minutos.

Dentre as etapas a serem realizadas neste estudo, destaca-se:

✓ **Ensaios de otimização multivariada dos processos oxidativos avançados:** Nessa etapa foram realizados os ensaios de otimização do processo UV/H₂O₂, utilizando-se o Planejamento Fatorial Multivariado na remoção dos corantes RB4, RB5 e RB19, com concentrações de 50 mg/L. Nesses ensaios foram otimizados os seguintes parâmetros: pH do meio, concentração de peróxido de hidrogênio e potência da radiação UV.

✓ **Estudo cinético das concentrações dos corantes:** Nessa etapa foram estudados os parâmetros cinéticos do processo UV/H₂O₂ na remoção dos corantes RB4 e RB5 utilizando-se as condições ótimas obtidas na etapa anterior. Foram avaliados os efeitos das concentrações de 50, 100, 150 e 200 mg/L dos corantes RB4 e RB5, os tempos variaram de 0 a 30 minutos, em que eram realizadas as varreduras nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

✓ **Estudo cinético dos sais:** Nessa etapa foram realizados ensaios utilizando cinco concentrações diferentes para cada dos sais (NaNO₃, NaCl, Na₂CO₃) aos efluentes têxteis contendo os corantes RB5 e RB19 com as condições ótimas estabelecidas na etapa de otimização dos corantes com 50 mg/L.

ANÁLISES

Para a avaliação da remoção do corante ao longo do processo oxidativo, a cor era determinada fotometricamente (HACH DR-6000 UV-VIS). As amostras eram lidas no comprimento de onda de máxima absorvância de 598 nm para o RB5 e 592 para RB4 e RB19. A partir das curvas de calibração de cada corante, obtidas da relação linear entre concentração e absorvância, determinavam-se as concentrações inicial (C₀) e final (C) dos corantes nas soluções.

O preparo das amostras foi realizado inicialmente com a dissolução dos corantes em 500 mL de água destilada para cada concentração desejada, em seguida o pH foi ajustado de acordo com o valor de cada ensaio,

posteriormente adiciona-se o peróxido de hidrogênio e direcionava-se a amostra para o reator, onde a mesma permaneceria pelo tempo de 30 minutos.

A eficiência de remoção de cor foi obtida através do decréscimo da absorbância lida inicialmente para o comprimento de onda referente ao pico de absorção de cada corante estudado.

O planejamento fatorial dos experimentos foi realizado utilizando-se o programa estatístico STATGRAPHICS. Este procedimento é cada vez mais utilizado em estudos de otimização, uma vez que permite a avaliação de efeitos antagonísticos e sinérgicos das variáveis, com grande praticidade.

RESULTADOS

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO H_2O_2 /UV NA REMOÇÃO DOS CORANTES RB5, RB4 e RB19

A descrição dos experimentos, para os três corantes RB5, RB4 e RB19, e a relação entre os seus valores experimentais reais e codificados estão descritos na Tabela 2. Os ensaios foram realizados de forma aleatória, de modo a minimizar os erros sistemáticos. As variáveis independentes utilizadas foram: a potência da radiação UV (A), o pH do meio (B) e a concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (C), sendo que a variável dependente ou variável-resposta foi a porcentagem da remoção de cor do corante. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos ensaios de otimização do processo (UV/ H_2O_2) na descoloração dos efluentes sintéticos contendo os corantes RB, RB4 e o RB19 nas concentrações de 50 mg/L.

Tabela 2. Matriz de Delineamento do planejamento fatorial na otimização do processo UV/ H_2O_2 para a remoção dos corantes.

Ensaio	Fatores			Variável-Resposta		
	(A) Potência UV(W)	(B) pH	(C) [H_2O_2] (mg/L)	Remoção do RB5 (%)	Remoção do RB4 (%)	Remoção do RB19 (%)
1	30	2	1	35,5	77,9	58,6
2	90	8	15	96,7	94,6	39,1
3	90	8	1	66,3	79,7	25,2
4	60	5	8	95,1	84,3	29,2
5	60	5	8	95,3	83,4	34,7
6	30	2	15	94,3	84,0	74,0
7	90	2	15	97,6	94,8	93,3
8	60	5	8	95,0	83,5	39,9
9	90	2	1	65,9	82,5	92,9
10	30	8	1	35,3	76,1	9,4
11	30	8	15	86,9	79,3	24,0
12	60	5	8	95,8	78,7	25,8

Em geral, foram obtidas elevadas remoções do corante RB5, em especial, para as concentrações de peróxido de 8 e 15 mg/L. Quanto aos corantes RB4 e RB19, as remoções dos corantes foram inferiores as obtidas para o RB5. Para o corante RB4, as eficiências variaram entre 94,8 e 76,1% e com o RB19, as eficiências máximas e mínimas foram, respectivamente, 93,3e 9,4%.

A partir desses resultados, verificou-se que as condições otimizadas para a remoção de 95% do corante RB5 foram: pH = 2,3 [H_2O_2] = 13 mg/L e Radiação UV = 45 W, para os corantes antraquinônicos RB4 e RB19 as condições ótimas ocorreram em pH = 2; H_2O_2 = 15 mg/L e Radiação UV = 90 W. Dessa forma, verifica-se que os corantes antraquinônicos mostraram maior recalcitrância ao processo UV/ H_2O_2 em comparação ao RB5, visto que requisitaram maior potência da radiação UV.

Além do exposto, verificou-se por meio do gráfico de pareto (não exibido) que dentre as variáveis estudadas no processo UV/ H_2O_2 , todas apresentaram efeito significativo na remoção dos três corantes. Além disso, o efeito

do pH na remoção dos corantes foi negativo, enquanto as variáveis radiação UV e concentração de peróxido de hidrogênio tiveram efeitos positivos na descoloração.

Dessa forma, vale destacar que Elmorsi *et al.* (2010) não evidenciaram influência significativa do pH do meio na eficiência de remoção do corante azo MR73 através do processo UV/H₂O₂. No entanto, os autores destacaram que a presença do H₂O₂ pode tanto contribuir como também inibir o processo, uma vez que elevadas concentrações de H₂O₂ podem consumir os radicais ·OH gerados no meio. Esse fato ratifica a necessidade de otimização do processo.

Nas Equações 1, 2 e 3 são mostrados os modelos de primeira ordem reparametrizados para a descoloração dos corantes através do processo de oxidação do tipo UV/H₂O₂. Vale ressaltar que os parâmetros estatisticamente não significativos foram eliminados do modelo.

$$\text{Remoção de Cor do RB5 (\%)} = 25,5292 + 0,491111*(A) - 0,524405*(B) + 5,05833*(C) + 0,00986111*(A)*(B) - 0,02875*(A)*(C) - 0,0505952*(B)*(C) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{Remoção de Cor do RB4 (\%)} = 77,9244 + 0,033373*(A) - 0,673214*(B) + 0,0214286*(C) + 0,00486111*(A)*(B) + 0,0106548*(A)*(C) - 0,00178571*(B)*(C) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{Remoção de Cor do RB19 (\%)} = 53,197 + 0,584484*(A) - 7,9256*(B) + 0,97381*(C) - 0,0315278*(A)*(B) - 0,00934524*(A)*(C) + 0,0755952*(B)*(C) \quad \text{Eq. (3)}$$

EFEITOS DA CONCENTRAÇÃO DOS CORANTES NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO UV/H₂O₂

A partir das condições otimizadas obtidas na etapa anterior, buscou-se avaliar o efeito da concentração inicial dos corantes na eficiência de descoloração do processo UV/H₂O₂. Nesse sentido, realizou-se os testes cinéticos com soluções contendo os corantes RB5 e RB4 com concentrações variando entre 50 e 200 mg/L. As condições experimentais do processo oxidativo avançado utilizadas nessa etapa foram as obtidas para remover 95% do corante. Os resultados obtidos desse estudo estão apresentados na Tabela 3 e Figura 2.

Tabela 3: Taxas de descoloração (K) e tempo de meia vida (t_{1/2}) dos corantes RB5 e RB4 em concentrações variadas durante a aplicação do processo UV/H₂O₂.

Concentração do corante (mg/L)	RB5			RB4		
	K _{app} (min ⁻¹)	t _{1/2}	R ²	K _{app} (min ⁻¹)	t _{1/2}	R ²
50	0,1896	3,7	0,9941	0,1121	6,2	0,9894
100	0,0569	12,2	0,9985	0,0256	27,1	0,9611
150	0,0261	26,6	0,9570	0,0130	53,2	0,9490
200	0,0093	74,7	0,9239	0,0119	58,1	0,9547

Condições operacionais para o corante azo RB5: [H₂O₂] = 13 mg/L, pH = 2,3, Radiação UV = 45 W. Para o corante RB4: [H₂O₂] = 15 mg/L, pH = 2,0, Radiação UV = 90 W.

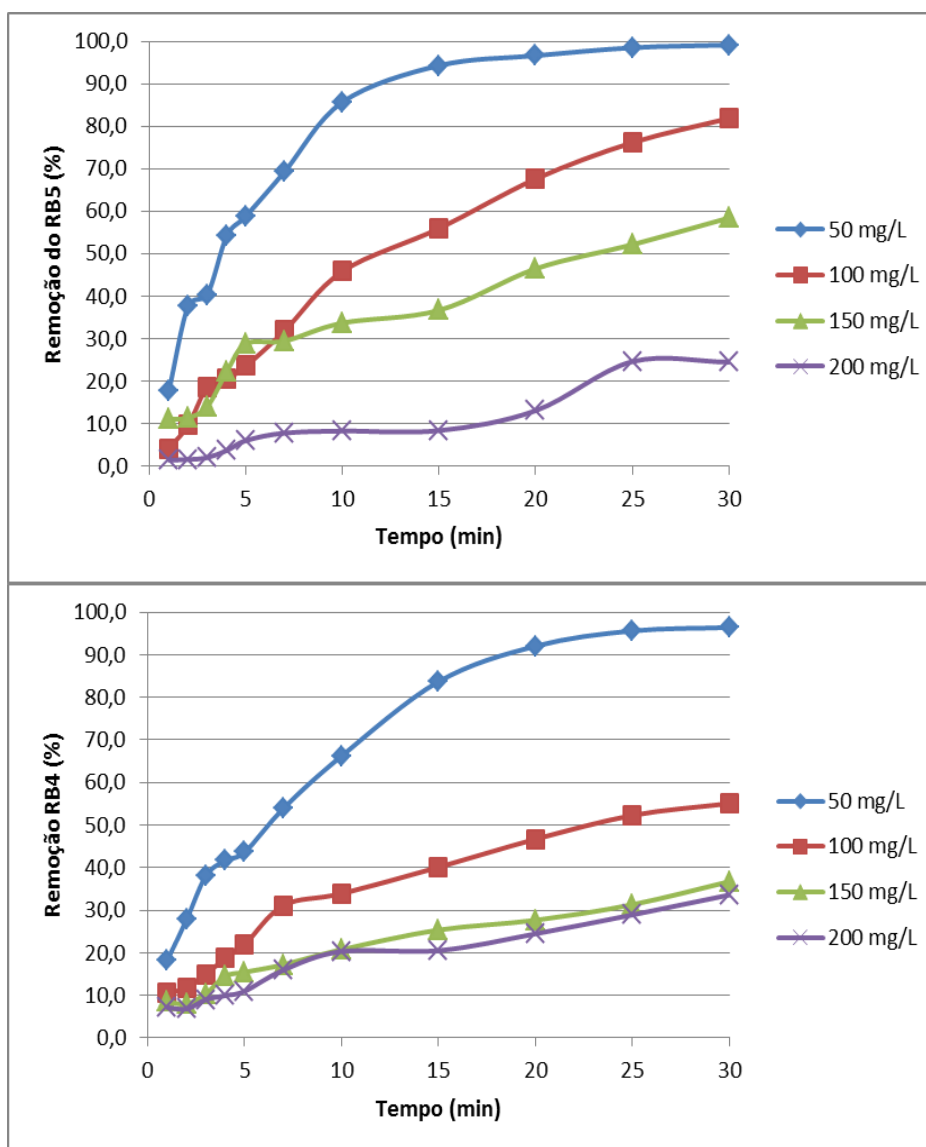


Figura 2 – Efeito da concentração dos corantes RB5 e RB4 na eficiência do processo UV/H₂O₂.

Observa-se que o aumento da concentração dos corantes RB5 e RB4 afetaram consideravelmente a cinética de descoloração do processo UV/H₂O₂. Para o RB5, o aumento da concentração para 100 mg/L gerou um decréscimo na taxa de descoloração em cerca de 4 vezes. Além disso, o tempo de meia-vida foi elevado de 3,7 para cerca de 12 minutos. A mesma tendência foi observada para o corante RB4. Entretanto, fica evidente que o corante antraquinônico RB4 mostrou-se mais recalcitrante ao processo oxidativo do tipo UV/H₂O₂, visto que apresentou menores taxas de reação e maiores tempos de meia-vida.

EFEITOS DOS ÂNIONS INORGÂNICOS NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO UV/H₂O₂ NA REMOÇÃO DE COR DO CORANTE AZO RB5 E ANTRAQUINÔNICO RB19

Nessa etapa da pesquisa foram realizados ensaios experimentais utilizando o processo oxidativo avançado do tipo UV/H₂O₂ na remoção de cor de efluentes sintéticos contendo diferentes ânions inorgânicos.

Na Tabelas 4 são mostradas as taxas de descoloração juntamente com o tempo de meia vida durante o processo de descoloração dos corantes RB5 e RB19 na presença dos ânions inorgânicos. Vale ressaltar que para esses estudos foram testados os modelos cinéticos de ordem zero, primeira e segunda ordem. No entanto, apenas os

resultados obtidos pelo modelo cinético de 1ª ordem estão exibidos, visto que foi o que apresentou os melhores ajustes, atestado pelos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 4: Taxas de descoloração (K) e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) dos corantes RB5 e RB19 durante a aplicação do processo UV/ H_2O_2 na presença de quantidades variadas de ânions inorgânicos.

Ânion	Conc. (mg/L)	RB5			RB19		
		K_{app} (min^{-1})	$t_{1/2}$	R^2	K_{app} (min^{-1})	$t_{1/2}$	R^2
Controle	0	0,3929	1,8	0,9752	0,3597	1,9	0,9895
NO_3^-	50	0,2810	2,5	0,9719	0,2932	2,4	0,9953
	100	0,5160	1,3	0,9789	0,3354	2,1	0,9890
	200	0,4559	1,5	0,9795	0,3064	2,3	0,9855
	500	0,2003	3,5	0,9981	0,4730	1,5	0,9934
	1000	0,2088	3,3	0,9897	0,4258	1,6	0,9706
CO_3^{2-}	50	0,2123	3,3	0,9907	0,2685	2,6	0,9549
	100	0,1812	3,8	0,9887	0,4336	1,6	0,9851
	200	0,1642	4,2	0,9698	0,2702	2,6	0,9946
	400	0,1418	4,9	0,9675	0,0229	30,2	0,9449
	600	0,1372	5,1	0,9946	0,0277	25,0	0,9339
Cl^-	100	0,1991	3,5	0,9873	0,3556	1,9	0,9921
	200	0,3529	2,0	0,9640	0,5652	1,2	0,9481
	400	0,2285	3,0	0,9837	0,4212	1,6	0,9914
	1000	0,2376	2,9	0,9805	0,6887	1,0	0,9755
	2000	0,2634	2,6	0,9755	0,4062	1,7	0,9509

Condições operacionais para o corante azo RB5: $[RB5] = 50$ mg/L, $[H_2O_2] = 13$ mg/L, pH = 2,3, Radiação UV = 45 W e Tempo de reação de 30 minutos. Para o corante RB19: $[RB19] = 50$ mg/L, $[H_2O_2] = 15$ mg/L, pH = 2,0, Radiação UV = 90 W e Tempo de reação de 30 minutos.

Em geral, os ânions avaliados nesse estudo influenciaram significativamente a cinética de descoloração do RB5 e RB19, tendo em vista que as constantes de descoloração diferiram para os efluentes contendo os ânions nas concentrações avaliadas. A partir dos parâmetros cinéticos avaliados para a remoção dos corantes, verifica-se que o RB19 mostrou-se mais sensível ao efeito da presença dos sais testados, em especial, o carbonato de sódio, visto que a taxa de reação reduziu mais de 100 vezes na presença de 400 mg/L do ânion carbonato.

Além disso, atenta-se para os baixos tempos de meia-vida apresentados em todos os ensaios, os quais estiveram na sua maioria abaixo de 5 min para os corantes RB5 e RB19. Observou-se que remoções da ordem de 95% dos corantes RB5 e RB19 foram obtidas em 10 minutos de reação.

Dessa forma, os resultados mostrados no presente estudo contradizem os estudos reportados por Elmorsi *et al.* (2010), os quais avaliaram o efeito do cloreto de sódio na remoção do corante azo *Mordant red 73* (MR73) e observaram uma queda significativa na taxa de reação com a presença de 1000 mg/L de cloreto de sódio. Esses autores atribuíram a queda na descoloração à captura de radicais hidroxilas pelo íon cloreto. Riga *et al.* (2007) e Devi *et al.* (2011) também evidenciaram o efeito inibidor dos íons cloreto e sulfato na mineralização de corantes.

No entanto, é possível que os efeitos inibitórios dos sais testados nesse trabalho tenham sido mascarados pela grande disponibilidade de radicais hidroxilas no meio, confirmada pelas elevadas remoções dos corantes em baixos tempos de reação.

CONCLUSÕES

Os estudos de otimização mostraram que para o processo H_2O_2/UV foram obtidas elevadas remoções dos corantes, evidenciando o potencial de aplicação desse processo. As condições ótimas para a remoção de 95% dos corantes RB5 e RB4, mostraram que o RB4 apresentou maior recalcitrância, requerendo maior concentração de H_2O_2 e potência da radiação UV.

O aumento da concentração dos corantes RB5 e RB4 reduziu consideravelmente a eficiência do processo H_2O_2/UV , o que implica na necessidade de realizar otimizações multivariadas incluindo a concentração inicial dos corantes como variável do processo.

Quanto à influência dos sais na eficiência de descoloração do RB5 e RB19 através do processo H_2O_2/UV , foi possível evidenciar efeito inibitório, em especial, para o ânion carbonato. Além disso, para o corante antraquinônico RB19 o efeito foi mais significativo.

Finalmente, a otimização multivariada dos processos oxidativos avançados mostra-se uma ferramenta importante na operação desses sistemas, assim como é fundamental a realização de ensaios para diferentes composições de efluentes têxteis, visto que os corantes do grupo antraquinônico apresentam maiores recalcitrâncias aos processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEVI, L. G.; KUMAR, S. G.; RAJU, K. S. A.; RAJASHEKHAR, K. E. **Photo-degradation of di azo dye Bismarck Brown by advanced photo-fenton process: Influence of inorganic anions and evaluation of recycling efficiency of iron powder.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v.42, p. 341-349, 2011.
2. ELMORSI, T. M.; RIYAD, Y. M.; MOHAMED, Z. H.; ABD EL BARY, H. M. H. **Decolorization of Mordant red 73 azo dye in water using H_2O_2/UV and photo-Fenton treatment.** Journal of Hazardous Materials, v. 174, p. 352-358, 2010.
3. LIU, R.; CHIU, H. M.; SHIAU, C. S.; YEH, R. Y. L.; HUNG, H. T. **Degradation and sludge production of textile dyes by Fenton and photo-Fenton processes.** Dyes and Pigments, v. 73, p. 1-6, 2007.
4. OLIVEIRA, A. **Indústria têxtil movimenta economia e gera empregos na região nordeste.** 2013. Disponível em: <<http://m.g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2013/05/industria-textil-movimenta-economia-e-gera-empregos-na-regiao-nordeste.html>> Acesso em: 20 de Março de 2014.
5. PANIZZA, M.; CERISOLA, G. **Removal of organic pollutants from industrial wastewater by electrogenerated Fenton's reagent.** Water Research, v. 35, n. 16, p. 3987-3992, 2001.
6. RIGA, A.; SOUTSAS, K.; NTAMPEGLIOTIS, K.; KARAYANNIS, V.; PAPAPOLYMEROU, G. **Effect of system parameters and of inorganic salts on the decolorization and degradation of Procion H-exl dyes. Comparison of H_2O_2/UV , Fenton, UV/Fenton, TiO_2/UV and $TiO_2/UV/H_2O_2$ process.** Desalination, v.211, p.72-86, 2007.
7. SILVA FILHO, H. A. **Remoção de corante têxtil em reator biológico com fungos.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Gestão em Tecnologia Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFETCE), Fortaleza, 2006.
8. WEISBURGER, J. H. **Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health.** Mutation Research, v. 506-507, p. 9-20, 2002.
9. WONG, Y. C. et al. **Equilibrium studies for acid dye adsorption onto chitosan.** Langmuir, v. 19, p. 7888 – 7894, 2003.
10. VIANA, F. L. E, ROCHA, E.V, NUNES, F.R.M. **A indústria têxtil na região nordeste: gargalos, potencialidades e desafios.** Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2008. Disponível em: <http://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/132/160> . Acesso em: 17 dez. 2013.