

AValiação DO PROCESSO DE OXIDAÇÃO EM FLUXO DE EFLUENTE SINTÉTICO PROVENIENTE DO TINGIMENTO DE GEMAS CONTENDO O CORANTE RODAMINA B

Verônica Radaelli Machado¹ e Simone Stülp²

RESUMO: Os processos de tingimento de gemas apresentam importante impacto ambiental devido às altas concentrações de íons metálicos ou corantes orgânicos. O objetivo do presente trabalho é aplicar processos oxidativos avançados como alternativa a processos convencionais na degradação de efluentes sintéticos provenientes do tingimento de gemas (UV/H₂O₂ em reator contínuo) contendo o corante Rodamina B. A degradação fotoquímica foi realizada em uma célula em fluxo ascendente com radiação UV (Lâmpada de mercúrio - 400W) e H₂O₂ como oxidante. O tratamento de fotodegradação demonstrou redução de cor de 99,9% e de 54,9% de Carbono Orgânico Total (TOC) no efluente sintético estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Corantes. Tingimento de gemas. Rodamina B.

1 INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de gemas como ágata e ametista (DUARTE *et al.*, 2003), ambas de interesse comercial. A ágata, em seu estado bruto, possui coloração que varia do cinza-azulado para o cinza-amarelado (SILVA; PETTER; SCHNEIDER, 2007), tendo uma estrutura bandeada. Por interesses econômicos e estéticos, o tingimento dessas gemas é realizado com a obtenção de ágatas de diferentes colorações, dentre elas, verde, vermelha, roxa e rosa, podendo a coloração rosa ser obtida com a utilização do corante orgânico Rodamina B.

Processos envolvendo o tingimento de ágatas têm gerado crescente preocupação ambiental com respeito à contaminação dos sistemas de água por íons metálicos e corantes orgânicos, fomentando a necessidade do emprego de processos de tratamento de seus efluentes para reduzir a concentração dos poluentes antes do seu descarte no meio ambiente, cabendo destacar que a ausência de tratamento promove a alteração das características do corpo receptor desses efluentes, podendo acarretar a diminuição do oxigênio dissolvido e modificações na biota local (AHMAD; ISMAIL; BHATIA, 2003). Ainda, as fortes colorações atuam de modo a diminuir a capacidade de penetração da radiação ultravioleta no leito receptor.

Dentre os tratamentos avançados de efluentes corados estão os processos oxidativos avançados (POAs), que são uma alternativa eficaz na descontaminação de efluentes com carga de poluentes tóxicos biologicamente recalcitrantes. Os POAs são uma tecnologia que visa à mineralização dos poluentes orgânicos de modo a transformá-los em substâncias inofensivas ou inertes, como dióxido de carbono, água e compostos inorgânicos, diferentemente dos métodos que envolvem apenas separação de fases. Esses métodos são responsáveis pela modificação estrutural

1 Aluna do curso de Engenharia Ambiental da Univates, Bolsista de Iniciação Científica - Fapergs.

2 Docente do Curso de Química Industrial, do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas e do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário UNIVATES, Doutora em Engenharia de Materiais. stulp@univates.br

química dos poluentes pela atuação de espécies altamente oxidantes, geralmente na forma radicalar (REZENDE et al., 2010).

Os POAs estão sendo amplamente utilizados na descoloração de corantes (ZANELLA et al., 2010), na degradação de compostos orgânicos, em medicamentos (REZENDE et al., 2010) e em tratamento de águas residuárias, sendo indicada como uma das tecnologias mais promissoras na remoção de corantes devido a sua alta eficiência.

Em face do exposto, o presente trabalho, desenvolvido no Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias da Univates, estuda o tratamento de efluentes sintéticos provenientes do setor de gemas, tendo por base o processo de tingimento de gemas com o corante orgânico Rodamina B.

2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1 Preparo da solução contendo o corante e materiais

Para a realização deste trabalho, todos os experimentos foram realizados com soluções contendo o corante sintético Rodamina B (Vetec). Para fazer o tratamento do corante (efluente sintético), fez-se o uso de um sistema em fluxo laminar ascendente, com uma célula de vidro, um tubo de quartzo e um filamento de lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão (Osram HQL 400W), construída pelo Núcleo de Eletrofotoquímica e Materiais Poliméricos - NEMP /UNIVATES (SILVA et al., 2008; MARMITT; PIROTTA; STÜLP, 2010).

A concentração usada do corante Rodamina B é de 20mg/L com adição de 20mL/L de peróxido de hidrogênio (agente oxidante). O efluente sintético ficou armazenado em um barrilete (FIGURA 1), que, por força da gravidade, passou por uma tubulação que o levou até a célula de vidro (FIGURA 2), em fluxo ascendente, recebendo a radiação UV. Em seguida, a solução passa para o recipiente de coleta já degradado. O processo de degradação foi feito em duas vezes consecutivas, para aumento de sua eficiência.



Figura 1 - Sistema de fotodegradação em fluxo utilizado no tratamento de efluentes provenientes do tingimento de gemas

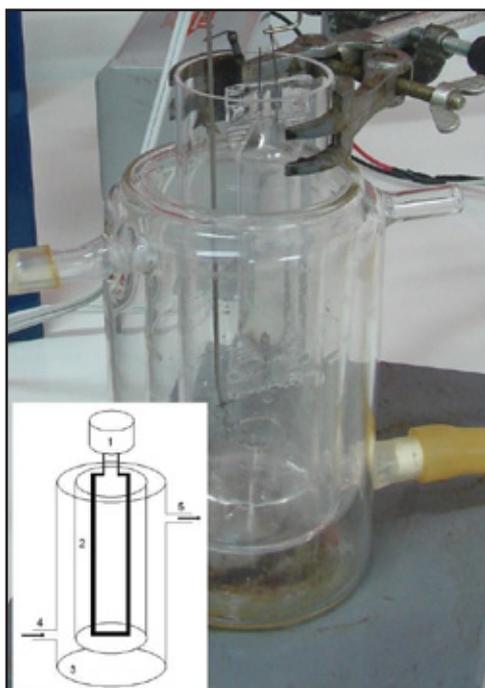


Figura 2 - Reator Fotoquímico: célula em fluxo laminar ascendente, tubo de quartzo e filamento de lâmpada de vapor de mercúrio

2.2 Monitoramento

O monitoramento dos tratamentos foi realizado por coletas de amostras do efluente sintético bruto com peróxido de hidrogênio, uma amostra após o primeiro tratamento de oxidação fotoquímica e outra após o segundo tratamento. O pH das amostras foi caracterizado com o auxílio de um pHmetro 827 pH Lab - METROHM, a condutividade pelo Condutivímetro DM-32 - DIGIMED, o teor de carbono orgânico total pelo aparelho (TOC-VCPH) da SHIMADZU e a coloração (determinação de absorbância) pelo Espectrofotômetro UV/VIS 100 Bio - VARIAN ($\lambda = 553 \text{ nm}$). O teste de toxicidade (GARCIA *et al.*, 2009) foi realizado com avaliações de germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*). Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi realizado o tratamento de fotodegradação nos efluentes sintéticos contendo o corante Rodamina B. Sua eficiência foi avaliada por meio de medidas de pH, condutividade, carbono orgânico total (TOC) e avaliação por espectrofotometria UV/Vis. Os resultados obtidos em relação às análises de pH, antes e após a realização do tratamento, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Amostras do pH do efluente sintético

Amostras	pH
Efluente sintético bruto + H_2O_2	4,2
Efluente tratado 1	3,8
Efluente tratado 2	3,7

Em relação às análises de pH, verifica-se que há tendência ao decréscimo, sendo importante destacar que esta faixa de pH é adequada para a aplicação de Processos Oxidativos Avançados (LANGE et al., 2006), devendo posteriormente ser corrigido para estar de acordo com faixa permitida por legislação (CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA, 2010). Os resultados obtidos em relação à condutividade estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Amostras de condutividade do efluente sintético antes e após o tratamento de fotodegradação

Amostras	Condutividade $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Efluente sintético bruto + H_2O_2	55,3
Efluente tratado 1	67,9
Efluente tratado 2	80,4

Os resultados de condutividade apresentados na Tabela 2 indicam uma tendência de aumento da condutividade, podendo ser devido à matéria orgânica oxidada durante a aplicação do processo de fotodegradação (ANGELIS et al., 1998). Os resultados obtidos nos experimentos de determinação de TOC (mg/L) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Amostras de TOC do efluente sintético

Amostras	Carbono orgânico total (mg/L)
Efluente sintético bruto + H_2O_2	16,9
Efluente tratado 1	10,7
Efluente tratado 2	7,6

O percentual de redução de carbono orgânico total foi em torno de 54,9% em relação ao efluente sintético bruto. Em outros estudos, envolvendo a adição de NaOCl (PIZZOLATO et al., 2002), a redução de matéria orgânica, em termos de DQO, foi 31,63% menor do que a redução obtida com o processo UV/ H_2O_2 aqui proposto, havendo, com a adição de NaOCl, ainda a possibilidade de geração de organoclorados. Diante disso, a aplicação de fotodegradação mostra-se viável para o tratamento de efluentes provenientes do tingimento de gemas.

Na avaliação espectrofotométrica (FIGURA 3) foram avaliados principalmente o comprimento de onda característico (PASHA, NARAYANA, 2007) do corante estudado ($\lambda = 553$ nm) e comprimentos de onda na região UV, característicos da presença de compostos orgânicos (ZANELLA et al., 2010).

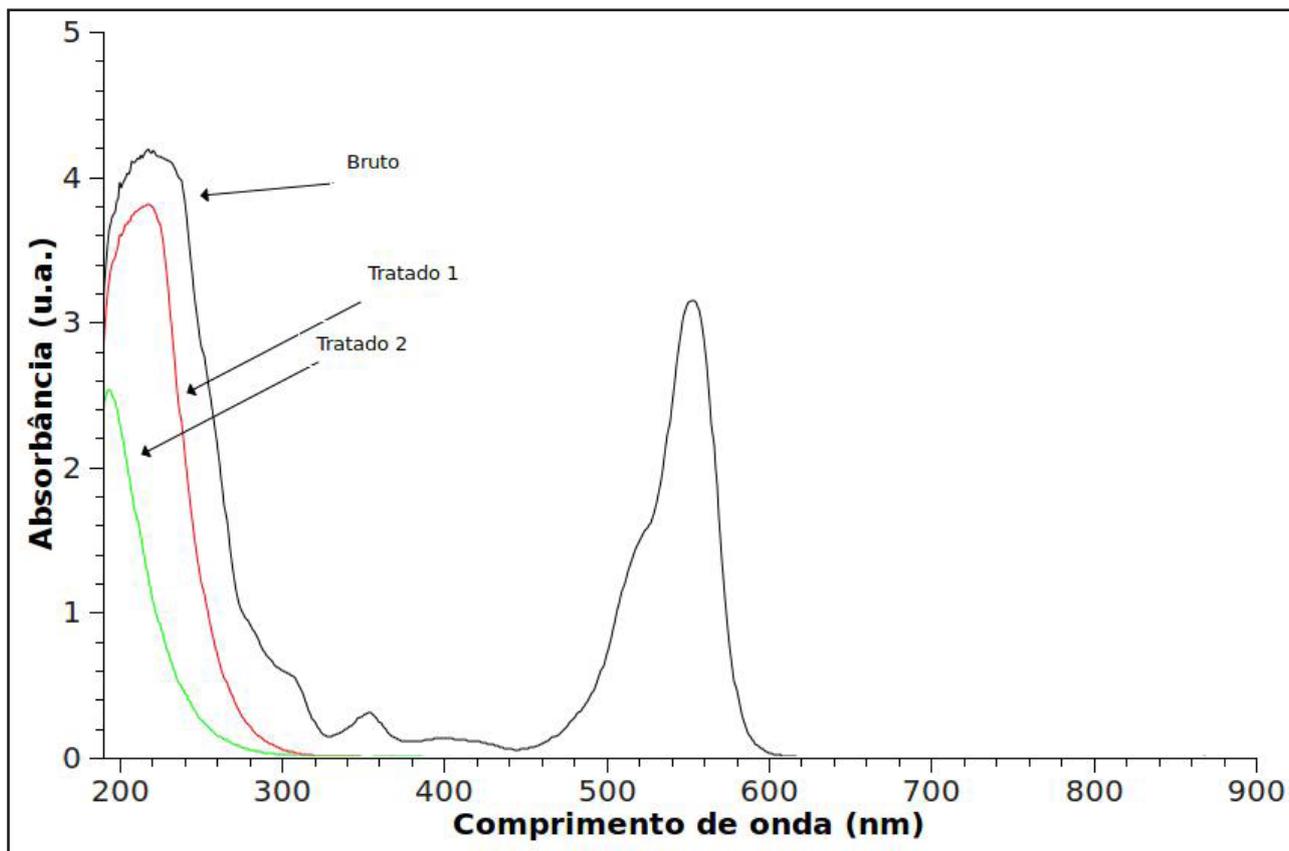


Figura 3 - Espectro de absorvância das soluções do corante Rodamina B durante a aplicação do processo UV/H₂O₂ no reator contínuo

Na análise da Figura 3, pode-se verificar a descoloração promovida no efluente após a aplicação do tratamento de fotodegradação, sendo a redução de 99,9% para o comprimento de 553 nm. Além disso, em valores em torno de 250 nm também ocorreu a diminuição, indicando a redução de compostos orgânicos presentes no sistema. Para confirmar a análise espectrofotométrica, na Figura 4, pode ser observado o aspecto visual das amostras do efluente sintético, coletadas antes e após o tratamento.

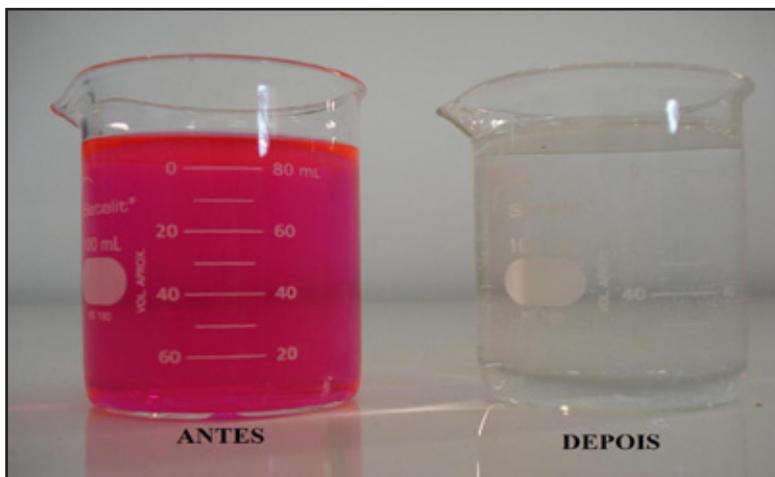


Figura 4 - Aspecto visual do efluente sintético antes e após o tratamento de fotodegradação

Na avaliação do aspecto visual da cor entre a amostra bruta e a amostra tratada, nota-se que houve redução eficiente da cor, pois a amostra após o tratamento ficou incolor.

Além das análises apresentadas e discutidas, foram realizadas análises de avaliação de toxicidade antes e após a aplicação do tratamento UV/H₂O₂.

Na Tabela 4 estão demonstrados os resultados obtidos no crescimento médio das sementes de alface (análise toxicológica), em cm, o percentual de germinação e o desvio padrão de cada uma das amostras utilizadas no teste de toxicidade aguda, sendo a água deionizada o controle negativo e o ácido bórico o controle positivo.

Tabela 4 - Média de crescimento, desvio padrão e porcentagem de germinação das sementes

Amostras	Média (cm)	Desvio padrão	% de germinação
Água deionizada	3,5	1,65	100%
Ácido bórico	0	0	0%
Efluente bruto	0,2	0,17	6,3%
Efluente bruto 10%	2,5	0,93	71,9%
Efluente bruto 30%	0,5	0,21	15,4%
Efluente bruto 50%	0,5	0,26	15,3%
Efluente bruto 80%	0,3	0,13	8,6%
Efluente tratado	0,5	0,32	14,7%
Efluente tratado 10%	3,7	1,31	105,6%
Efluente tratado 30%	2,9	1,02	85,2%
Efluente tratado 50%	2,8	0,84	80,7%
Efluente tratado 80%	1,9	0,61	55,8%

Na análise da Tabela 4 pode-se verificar que há tendência de diminuição da toxicidade das soluções de corante Rodamina B (efluente sintético) após elas serem tratadas pelo processo UV/H₂O₂, especialmente em condições de maior diluição, sendo este um resultado extremamente positivo. Em comparação a outros trabalhos já publicados, alguns autores obtiveram diminuição da toxicidade (GARCIA et al., 2009) após a aplicação de Processos Oxidativos Avançados (POAs), e outros aumentos (SPELLMEIER; STÜLP, 2009).

Nas Figuras 5 e 6 pode ser comparado o desenvolvimento das sementes de alface (*Lactuca sativa*) submetidas ao teste de toxicidade feito com amostras de efluente sintético bruto 10% e efluente sintético tratado 10%.

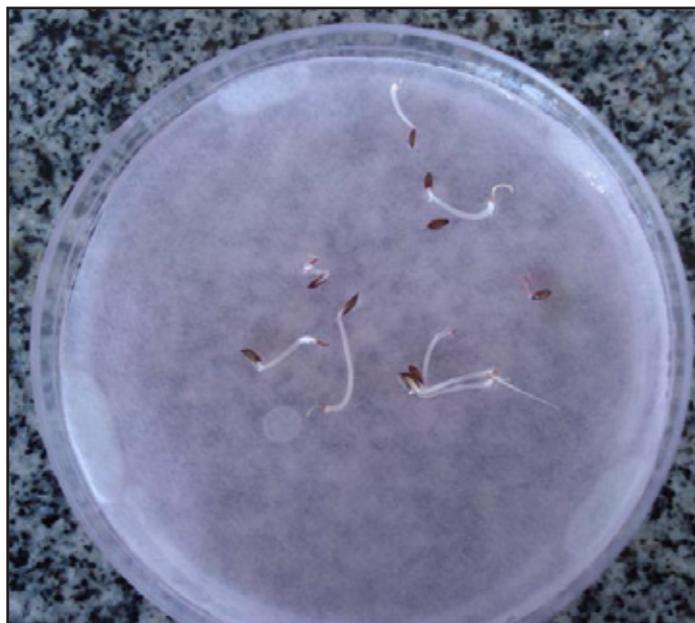


Figura 5 - Desenvolvimento das sementes de alfaca no efluente sintético bruto diluído a 10%

Na avaliação da Figura 5, observa-se que houve germinação e um pequeno desenvolvimento de caules, com a média de crescimento de 2,5cm.



Figura 6 - Desenvolvimento das sementes de alfaca no efluente sintético tratado - diluição de 10%

Na análise da Figura 6, observaram-se a germinação das sementes e desenvolvimento de raízes e caules com crescimento de 3,7cm na média.

Na continuidade do trabalho serão realizadas análises em outros níveis tróficos para comprovação dos resultados de toxicidade e atendimento da legislação, que exige a realização

de ensaios de toxicidade em três níveis tróficos para avaliação da qualidade de efluentes tratados (CONSEMA, 2010).

4 CONCLUSÃO

Tendo por base os resultados apresentados, conclui-se que o agente oxidante peróxido de hidrogênio é eficaz na degradação de cor e matéria orgânica do efluente sintético em conjunto com a radiação UV. A relação entre a radiação UV e o agente oxidante é efetiva, pois reduziu visivelmente a cor do corante em 99,9%, e também houve a degradação de matéria orgânica em 54,9%. Em relação às análises de toxicidade, elas confirmam a eficiência do processo, pois os efluentes tratados mostraram-se menos tóxicos do que as soluções em seu estado bruto.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. L.; ISMAIL, S.; BHATIA, S. Water recycling from palm oil film effluent (POME) using membrane technology. *Desalination*, v. 157, p. 87-95, 2003. ①
- ANGELIS, D. F. de et al. Eletrólise de resíduos poluidores: I - Efluente de uma indústria liofilizadora de condimentos. *Química Nova*, 1998, v. 21, p. 20-24, 1998. ①
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_lista_ano.jsp?ANO=2006>. Acesso em: out. 2010. ① ②
- DUARTE, L. C. et al. Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros. *Pesquisas em Geociências*, v. 30, p. 3-15, 2003. ①
- GARCIA, J. C. et al. Evolutive follow-up of the photocatalytic degradation of real textile effluents in TiO₂ and TiO₂/H₂O₂ systems and their toxic effects on *Lactuca sativa* seedlings. *Journal of Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 1589-1597, 2009. ① ②
- LANGE, L. C. et al. Sanitary landfill leachate treatment by Fenton oxidation. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, p. 175-183, 2006. ①
- MARMITT, S.; PIROTTA, L.; STÜLP, S.; Aplicação de fotólise direta e UV/H₂O₂ a efluente sintético contendo diferentes corantes alimentícios. *Química Nova*, v. 33, p. 384-388, 2010. ①
- PASHA, C.; NARAYANA, B. A facile spectrophotometric method for the determination of hypochlorite using rhodamine B. *Journal of Brazilian Chemical Society*, v. 18, p. 167-170, 2007. ①
- PIZZOLATO, T. M. et al. Colour removal with NaClO of dye wastewater from an agate-processing plant in Rio Grande do Sul, Brazil. *International Journal of Mineral Processing*, v. 65, p. 203-211, 2002. ①
- REZENDE, L. G. P. et al. Degradação eletroquímica do cloranfenicol em reator de fluxo, *Química Nova*, v. 33, p. 1088-1092, 2010. ① ②
- SILVA, C. P. et al. Avaliação da degradação do corante vermelho *bordeaux* através de processo fotoquímico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, p. 73-77, 2008. ①
- SILVA, R. A.; PETTER, C. O.; SCHNEIDER, I. A. H. Avaliação da perda da coloração artificial de ágatas. *Revista Escola de Minas*, v. 60, p. 477- 482 , 2007. ①

SPELLMEIER, J. G.; STÜLP, S. Avaliação da degradação e toxicidade dos corantes alimentícios eritrosina e carmim de cochonilha através de processo fotoquímico, **Acta ambiental catarinense**, v. 6., jan./jun. 2009. ①

ZANELLA, G. et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-fenton e avaliação da potencialidade de reúso. **Química Nova**, v. 33, p. 1039-1043, 2010. ① ②

