



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Leiko Nozu, Lenice; de Albuquerque Saldanha, Patrícia Cavalcanti; Soares, Marlene; Martins Barbosa,
Valma; Feitosa Machado, Alessandro; Rosa Silva, Edilsa

Avaliação do tratamento físico-químico e biológico dos resíduos de corantes produzidos em
laboratório de microbiologia

Acta Scientiarum. Technology, vol. 32, núm. 1, 2010, pp. 7-13
Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226525006>

- 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

Avaliação do tratamento físico-químico e biológico dos resíduos de corantes produzidos em laboratório de microbiologia

Lenice Leiko Nozu, Patrícia Cavalcanti de Albuquerque Saldanha, Marlene Soares, Valma Martins Barbosa, Alessandro Feitosa Machado e Edilsa Rosa Silva*

*Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Silva Jardim, 879, 80230-000, Curitiba, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rosa@utfpr.edu.br*

RESUMO. Os diferentes resíduos produzidos pelo homem em diversas áreas representam grave problema ambiental, quando inadequadamente descartados. No presente trabalho, foram realizados experimentos de degradação de resíduos de corantes gerados no Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, por meio do cultivo líquido implementado com *Pleurotus sajor-caju* e processo oxidativo avançado (POA – Sistema UV/H₂O₂). A verificação da eficiência desses processos foi realizada por meio do acompanhamento da redução de cor e dos compostos aromáticos por análise espectrofotométrica em UV-vis, da redução de matéria orgânica (análise de DQO) e de bioensaios de toxicidade com *Escherichia coli* e com sementes de *Lactuca sativa*. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o processo combinado – cultivo líquido seguido de peroxidação com irradiação ultravioleta, demonstrou ser o tratamento mais eficiente para a redução de cor (90-95%) e degradação de aromáticos (16-20%). Os bioensaios revelaram que as amostras do resíduo bruto não inibiram o crescimento da *E. coli* e mostraram potencial tóxico para a espécie *L. sativa*, apresentando de 30 a 57% de inibição da germinação das sementes testadas.

Palavras-chave: *Pleurotus sajor-caju*, processo oxidativo avançado, bioensaios de toxicidade.

ABSTRACT. **Evaluation of the physical-chemical and biological treatment of residue from dyes produced at a microbiology laboratory.** The different types of waste produced by man in several areas represent a serious environmental problem when incorrectly discharged. This work carried out degradation experiments of dye waste generated at the laboratory of microbiology of the Federal University of Technology – Paraná State, Campus Curitiba. Assays were performed through liquid culture implemented with *Pleurotus sajor-caju* and advanced oxidative process (AOP - System UV/H₂O₂). Efficiency verification of these processes was carried out through monitoring color removal and aromatic compounds by spectrophotometric analysis (UV-vis), and also by controlling the reduction of organic matter (Chemical Oxygen Demand analysis), as well as by performing toxicity bioassays with *Escherichia coli* and seeds of *Lactuca sativa*. Results indicated that the combined process – liquid culture followed by peroxidation with ultraviolet radiation, proved to be the most effective treatment for color removal (90-95%) and degradation of aromatic compounds (16-20%). Bioassays showed that the raw dye waste samples did not inhibit *E. coli* growth, but showed potential toxicity to the species of *L. sativa*, inhibiting seeds germination by 30 to 57%.

Key words: *Pleurotus sajor-caju*, advanced oxidative process, toxicity bioassays.

Introdução

Nos últimos anos, tem-se falado com certa frequência sobre resíduos, seu descarte, acúmulo e destino final, no Brasil e no mundo. Os diferentes resíduos produzidos pelo homem em diversas áreas representam grave problema ambiental. As variedades e complexidades dos resíduos gerados em instituições de ensino e pesquisa são muito amplas, sendo esse um assunto pouco discutido no Brasil (AFONSO et al., 2003).

As práticas desenvolvidas em laboratórios de microbiologia incluem o preparo de meios de cultivo, com diferentes substâncias, e colorações diversas para o estudo morfológico dos microrganismos. As colorações realizadas mais frequentemente incluem os corantes: cristal violeta, violeta de genciana, fucsina, safranina, verde malaquita e azul de metileno. Em geral, os resíduos das colorações utilizadas em aulas práticas foram, por muito tempo, descartados diretamente na rede pública de esgoto.

O lançamento não controlado dos resíduos de corantes, em maior ou menor nível de concentração, indiscutivelmente alterará a dinâmica dos corpos hídricos, uma vez que interferem na absorção de luz pelos habitantes aquáticos, podendo acumular-se ou serem transportados para estações de tratamento de águas municipais, contribuindo para o aumento da contaminação dos mananciais e da água distribuída à população (GUARATINI; ZANONI, 2000). Em virtude da alta toxicidade, carcinogenicidade e/ou mutagenicidade dos corantes trifenilmetano, comumente empregados em análises microbiológicas, e da grande quantidade gerada em laboratórios, é necessária uma segregação dos resíduos compostos por corantes para aplicação de tratamento adequado (AZMI et al., 1998; DURAN et al., 2002).

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com a biodegradação de corantes, principalmente quando utilizados basidiomicetos. As enzimas extracelulares microbianas são um meio efetivo de degradação de poluentes, principalmente aquelas dos basidiomicetos da podridão branca da madeira (BALAN, 2001; DURAN et al., 2002; KUMAR et al., 2006). Grande variedade de compostos recalcitrantes pode ser degradada pela ação de enzimas do sistema ligninolítico, como a lignina peroxidase, manganês peroxidase e lacase. As espécies dos basidiomicetos mais citadas na literatura são o *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor* (JACQUES et al., 2007), o *Pycnoporus sanguineus* (BALAN, 2001; MACHADO et al., 2006) e espécies do gênero *Pleurotus* spp. (BALAN, 2001; KAMIDA et al., 2005).

Métodos físico-químicos, como processos oxidativos avançados (POAs), também têm sido promissores para o tratamento de resíduos de corante da indústria têxtil (SCHRANK et al., 2007). Os POAs foram definidos como processos que envolvem a geração de espécies transitórias de elevado poder oxidante, dentre as quais se destaca o radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), (BILA et al., 2005). O radical hidroxila apresenta baixa seletividade e alto poder oxidante ($E^\circ_{\bullet\text{OH} \text{HO}^{-1}} \sim +2,8 \text{ V}, 25^\circ\text{C}$), a fim de possibilitar a transformação de um grande número de contaminantes tóxicos, em tempos relativamente curtos (DURAN et al., 2002).

Para eficiente tratamento de resíduos de corantes, a combinação de métodos físicos, químicos e biológicos mostra-se adequada, pela complexidade molecular dos compostos, tornando-os resistentes à degradação em métodos convencionais. Metodologias que utilizam fungos, principalmente de decomposição branca da madeira, em combinação com POAs, utilizando H_2O_2 e luz UV, têm sido

testadas, mostrando-se bastante eficientes na descoloração de efluentes e corantes têxteis (DURAN et al., 2002).

Considerando-se toda a problemática ambiental dos corantes e sua ampla e diária aplicação em práticas de ensino de microbiologia e em laboratório de análises clínicas, torna-se necessário o tratamento dos efluentes coloridos gerados nesses ambientes. Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade e eficiência de técnicas físico-químicas, biológicas e a combinação destas de modo a serem desenvolvidos tratamentos para o resíduo de corantes utilizados em técnicas de coloração, de fácil aplicabilidade e condizentes à realidade e às condições do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba.

Material e métodos

Material

A primeira etapa consistiu em preparar uma amostra representativa dos resíduos de corantes armazenados pelo Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, visto que o mesmo se encontrava armazenado em diversas garrafas plásticas. Para obtenção dessa amostra representativa foram retiradas alíquotas de mesmo volume de cada frasco, resultando em uma amostra homogeneizada de 5 L não-esterilizada. Essa amostra foi avaliada em duas concentrações (6,25 e 12,5%), as quais foram submetidas a três tratamentos: processo biológico (biodegradação fúngica) – por meio do cultivo líquido implementado com *P. sajor-caju*; processo físico-químico (processo oxidativo avançado) – peroxidação assistida por irradiação ultravioleta; e processo biológico associado ao processo físico-químico. As análises e os experimentos foram realizados em triplicata e acompanhados de amostras-padrão (branco), para se garantir a confiabilidade dos resultados.

Métodos

Cultivo líquido implementado com fungo *Pleurotus sajor-caju*

O inóculo consistiu de 20 discos de 6 mm de diâmetro do meio BDA (Batata Dextrose Agar, Oxoid), contendo micélios do *P. sajor-caju* com oito dias de crescimento a 30°C . O cultivo líquido foi conduzido em frascos erlenmeyer (500 mL) com 200 mL das concentrações 6,25 e 12,5% do resíduo a ser tratado, sendo um frasco reservado para controle do resíduo (padrão, sem adição de fungo). Após inoculação, os frascos foram incubados a 30°C em agitação de 237 rpm. A cada sete dias, alíquotas de 10

mL dos frascos incubados foram coletadas, em ambiente estéril, e filtradas a vácuo em filtro (Milipore), com membrana de acetato (45 µm; Ø 47 mm), sendo transferidas para recipientes a serem congelados para posterior análise das características químicas.

Peroxidação assistida por UV (UV/H₂O₂)

O tratamento foi realizado em reator fotoquímico com capacidade de 300 mL, equipado com refrigeração por água e agitação magnética. A indução da radiação ultravioleta foi realizada em uma câmara escura, proporcionada por um reator interno que consistia de uma lâmpada a vapor de mercúrio (125W), com um bulbo de proteção de quartzo, imerso no resíduo. A água utilizada para a refrigeração do reator não entrou em contato com o resíduo. O volume de amostra tratada foi de 120 mL, nas concentrações de 6,25 e 12,5% do resíduo, em pH ácido (3,65) e 200 ppm de peróxido de hidrogênio.

Processo combinado

O processo combinado ocorreu em duas etapas: na primeira, foi realizado o tratamento biológico de cultivo líquido, implementado com *P. sajor-caju*, seguindo os mesmos procedimentos descritos acima. Na segunda fase, o resíduo tratado biologicamente passou pelo POA – sistema UV/H₂O₂, seguindo metodologia descrita no processo de peroxidação assistida.

A avaliação da eficiência dos processos de degradação foi realizada pelo acompanhamento de controles analíticos: a degradação de cromóforos e de compostos aromáticos foi verificada por espectrofotometria em UV-vis de varredura (200–700 nm); a redução de matéria orgânica foi avaliada por meio de análise da Demanda Química de Oxigênio, segundo Eaton et al. (2005).

Bioensaios de Toxicidade

O ensaio de biotoxicidade com *Escherichia coli* ATCC 25922 foi uma adaptação da técnica de concentração mínima inibitória (CMI) de acordo com Ribeiro e Soares (2002). O método do bioensaio de toxicidade aguda com semente de alface (*Lactuca sativa*) foi o método da taxa de germinação e comprimento de raiz (HARTL; HUMPF, 2000).

Resultados e discussão

A remoção das cores dos resíduos de corantes produzidos no Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da

UTFPR, Campus Curitiba, está ilustrada nas Figuras 1 e 2. Observando-se os gráficos, verifica-se que o POA foi menos eficiente na concentração 6,25 para remoção da cor ($67,56\% \pm 0,6$) do que na concentração 12,5 ($89,81\% \pm 0,8$). Provavelmente, isso ocorreu em virtude de a maior concentração apresentar número maior de moléculas com insaturações, pois se supõe que a degradação via radical ocorre na ligação dupla, metano, mais fácil de ser rompida, causando efeito maior na porcentagem de redução (BOLDRIN; CARNEIRO, 2001; LEDAKWICZ et al., 2001).

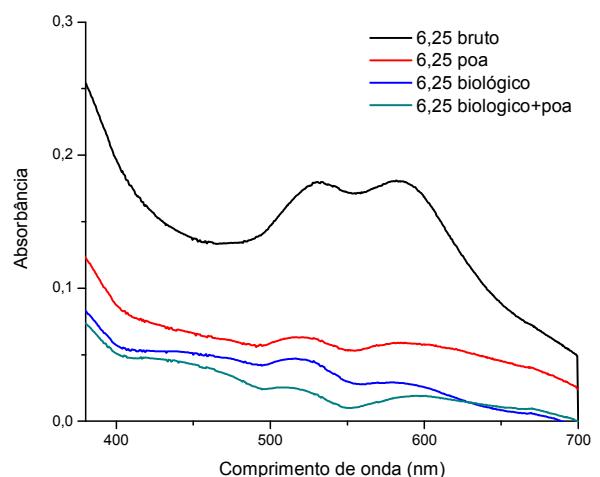


Figura 1. Verificação da remoção de cor nos processos de tratamentos realizados sobre o resíduo de corantes do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, na concentração de 6,25%.

Por sua vez, a biodegradação revelou ser mais eficiente no resíduo de menor concentração, uma vez que o sistema enzimático do fungo degrada inicialmente compostos mais solúveis em água, como os compostos fenólicos (BOLDRIN; CARNEIRO, 2001; LEDAKWICZ et al., 2001), os quais estariam na região cromófora do corante.

Os resultados de remoção de cor pelo cultivo líquido ocorreram dentro do esperado, com elevada eficiência, estando em conformidade com os resultados encontrados na literatura sobre cultivo submerso com *P. sajor-caju* (AZMI et al., 1998; KAMIDA et al., 2005) e sobre degradação de corantes trifenilmetanos por *Phanerochaete chrysosporium* (AZMI et al., 1998). Mas em ambos os casos, conforme os gráficos das Figuras 1 e 2, os melhores resultados de remoção da cor foram observados no processo combinado (cultivo líquido implementado com *P. sajor-caju*, seguido de peroxidação assistida por UV), com $90,19\% \pm 0,2$ de eficiência na concentração 6,25 e $95,88\% \pm 0,9$ na concentração 12,5.

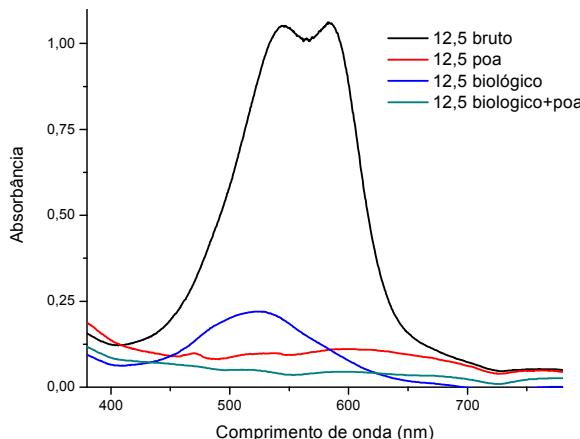


Figura 2. Verificação da remoção de cor nos processos de tratamentos realizados sobre o resíduo de corantes do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, na concentração de 12,5%.

Comparando-se os resultados obtidos nos três processos (Figura 3), observou-se que para os compostos aromáticos a degradação foi menor, provavelmente, pela sua recalcitrância e estabilidade molecular.

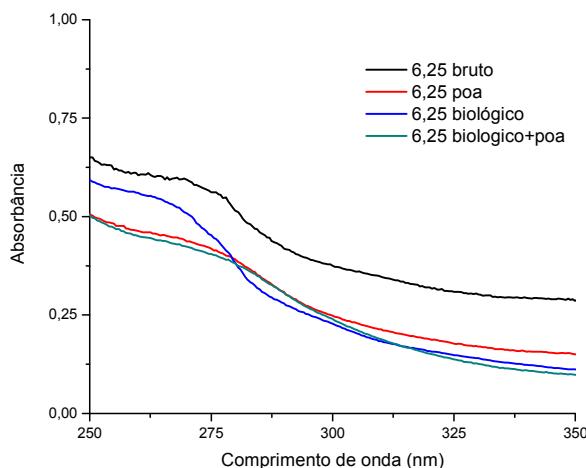


Figura 3. Verificação da remoção de compostos aromáticos nos processos de tratamentos realizados sobre o resíduo de corantes do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, na concentração de 6,25%.

Os processos que apresentaram melhor porcentagem de redução foram: o processo combinado ($28,7\% \pm 0,7$ na concentração 6,25 e $16,79\% \pm 0,8$, na de 12,5) e o POA para a concentração 6,25 ($26,04\% \pm 0,04$ de redução). Entretanto, apenas o POA não se mostrou eficiente para a concentração 12,5, pois apresentou apenas $5,91\% \pm 0,09$ de redução. Já a biodegradação apresentou metade da eficiência do processo combinado na redução de compostos aromáticos na concentração 6,25 ($14,37\% \pm 0,4$) e nenhuma eficiência na concentração 12,5 (Figura 4). Supõe-se

que ocorrem duas fases na biodegradação: primeiramente há quebra do cromóforo, resultando em vários anéis de diferentes tamanhos e diferentes ligantes (CHAGAS; DURRANT, 2001). Por serem estruturas menores, são mais estáveis e mais recalcitrantes, sendo mais difícil a degradação, resultando em maior tempo de tratamento e menor porcentagem de remoção (28 dias de biodegradação, com $14,37\% \pm 0,4$ de redução, na concentração 6,25).

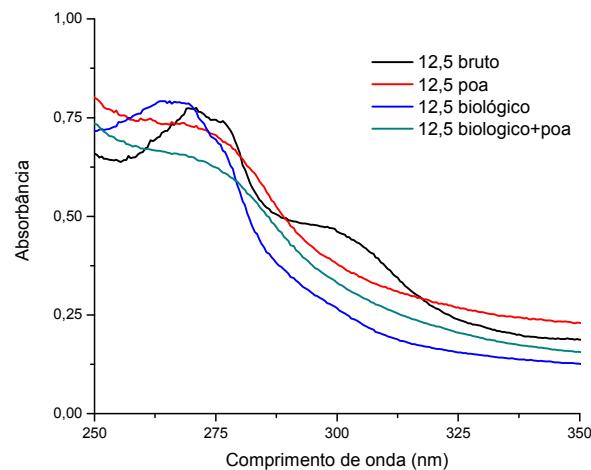


Figura 4. Verificação da remoção de compostos aromáticos nos processos de tratamentos realizados sobre o resíduo de corantes do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, na concentração de 12,5%.

Comparando-se as análises de DQO nos diferentes processos de degradação do resíduo de corante (Figura 5), observou-se que a peroxidação apresentou a melhor porcentagem de remoção da matéria orgânica para as duas concentrações.

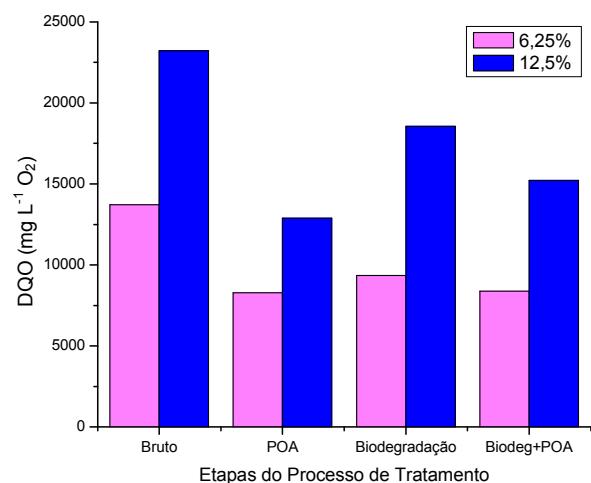


Figura 5. Comparação da remoção de matéria orgânica entre os processos de tratamento realizados do resíduo de corante do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, nas concentrações de 6,25% e 12,5%.

Entretanto, nota-se que as diferenças de porcentagens de remoção da matéria orgânica são maiores nos processos de tratamento aplicados à concentração de 12,5 ($44,51\% \pm 0,5$ na H_2O_2/UV , $20,05\% \pm 0,1$ na biodegradação e $34,38\% \pm 0,4$ no processo combinado). Para a concentração de 6,25, não é muito grande esta variação ($39,71\% \pm 0,7$ na H_2O_2/UV , $31,88\% \pm 0,9$ na biodegradação e $38,98\% \pm 0,9$ no processo combinado).

Com relação à biotoxicidade, o resíduo de concentração 6,25% (bruto, tratado biologicamente e com tratamento combinado) não demonstrou toxicidade para a bactéria *E. coli*, enquanto que o tratamento com UV/H_2O_2 inibiu totalmente o seu crescimento. Para o resíduo na concentração de 12,5% (bruto e tratado por cultivo líquido) não foi observada inibição do crescimento da bactéria *E. coli*. Já o tratamento combinado inibiu em 66,4% o crescimento da bactéria, apresentando certa toxicidade, e o tratamento com peróxido inibiu totalmente. Em alguns trabalhos, verificou-se que o POA que utiliza peróxido de hidrogênio apresentou maior toxicidade em teste de biotoxicidade com *E. coli*, em torno de 90% de inibição do crescimento da bactéria (CORDEIRO et al., 2004).

O resíduo de concentração 6,25% não apresentou toxicidade às sementes de alface (*Lactuca sativa*), apresentando, em sua forma bruta, germinação maior que 60% em relação ao branco e um comprimento médio das raízes de 1,70 cm após tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação da germinação da semente de alface em resíduo de corantes do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, na concentração de 6,25%, submetido aos tratamentos realizados no período de cinco dias, incubado no escuro, a 26°C.

Características observadas	Resíduo bruto	Tratado biológico	Tratado POA	Tratado processo combinado
Comprimento da raiz (cm)	$1,58 \pm 0,17$	$1,92 \pm 0,22$	$1,54 \pm 0,16$	$1,72 \pm 0,16$
Germinação (%)	$70,0 \pm 5,0$	$63,0 \pm 0,1$	$69 \pm 0,1$	$76,0 \pm 7,0$

O resíduo bruto na concentração de 12,5% do corante apresentou toxicidade para a *Lactuca sativa*, visto que sua germinação foi abaixo de 50%. Mas, quando submetida aos tratamentos biológico, físico-químico e ao processo combinado, essa toxicidade foi bastante reduzida, chegando a 26%. Porém, o comprimento das raízes foi muito inferior à concentração 6,25%, apresentando média de 1,02 cm (Tabela 2).

Tabela 2. Germinação da semente de alface em resíduo com concentração 12,5% após tratamentos, incubados por cinco dias, no escuro, a 26°C.

Características observadas	Resíduo bruto	Tratado biológico	Tratado POA	Tratado processo combinado
Comprimento da raiz (cm)	$1,07 \pm 0,15$	$1,09 \pm 0,1$	$1,08 \pm 0,10$	$0,85 \pm 0,02$
Germinação (%)	$47,0 \pm 3,0$	$54 \pm 5,0$	$73 \pm 6,0$	$67 \pm 6,0$

Provavelmente, os resultados dos processos que envolvem UV/H_2O_2 que apresentam alguma forma de inibição, seja de germinação, seja de crescimento, estão relacionados ao aumento de toxicidade de alguns intermediários da reação, o que torna necessária a realização de mais estudos (ZIOLLI; JARDIM, 1998; BILA et al., 2005).

Esses resultados indicam o potencial toxicológico a longo prazo do resíduo de corante para o fungo escolhido para implementar a biodegradação. Além disso, permitem verificar qual a concentração máxima que o fungo tolera e assim determinar a concentração ideal para o tratamento biológico. Sendo assim, a escolha das concentrações 6,25 e 12,5% mostra-se adequada para o presente estudo.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o processo combinado – cultivo líquido, seguido de peroxidação com irradiação ultravioleta – demonstrou ser o tratamento mais eficiente para a degradação de cromóforos (90-95%) e degradação de aromáticos (16-20%) dos resíduos analisados, o que justifica a proposta de tratamento combinado.

Para a redução de matéria orgânica, verificou-se que a melhor técnica de tratamento é o POA, pois apresentou maior eficiência na redução da DQO (38-44%). Contudo, os valores de DQO obtidos em todos os tratamentos ainda estão muito elevados, isto é, não se enquadram nos valores estabelecidos pela legislação (NBR 9800).

Os bioensaios revelaram que as amostras do resíduo bruto, nas concentrações 6,25 e 12,5%, não inibiram o crescimento da *E. coli*, a qual apresentou 100% de crescimento após a exposição às amostras do resíduo de corantes. Apenas o POA apresentou 100% de inibição do crescimento da bactéria, pois esse processo físico-químico pode gerar compostos tóxicos durante e após seu tratamento; entretanto, os demais tratamentos não apresentaram nenhuma toxicidade à *E. coli*.

Ambas as concentrações apresentaram potencial tóxico para a espécie *Lactuca sativa*,

apresentando de 30-57% de inibição da germinação das sementes testadas. Contudo, após as amostras terem sido submetidas aos três processos de tratamento, verificou-se que a toxicidade para a *L. sativa* teve redução de 26%.

Em suma, o processo combinado teve maior destaque, demonstrando ser promissor para o tratamento desse resíduo de corante do Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, porém mais testes devem ser realizados, principalmente com relação à degradação de carga orgânica e toxicidade durante a etapa biológica, além da verificação da eficiência da biodegradação em tempos mais curtos de incubação. Entretanto, é necessário verificar a viabilidade prática e econômica desse método, uma vez que o processo biológico é demorado e o sistema UV/H₂O₂ depende de muita energia. Nesse caso, poderia ser avaliada a possibilidade do tratamento via POA na concentração 6,25% do resíduo, uma vez que apresentou eficiência na degradação de compostos aromáticos (26,04%) e eficiência relativa na remoção da cor (67,56%), em tempos relativamente curtos, além de apresentar melhores resultados de redução da DQO (39,71%).

A realização deste trabalho foi de grande importância, visto que, pela primeira vez, preocupou-se em estabelecer procedimentos para o tratamento dos resíduos de corantes gerados no Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba. Assim como algumas medidas foram tomadas para se viabilizar a correta segregação e armazenamento desses resíduos, entre elas a identificação e a rotulagem dos mesmos. Além disso, como primeiro passo, os resultados foram bastante satisfatórios. Contudo, recomenda-se a continuidade do estudo, pois algumas melhorias devem ser feitas para que o objetivo desta proposta de trabalho seja efetivamente alcançado, ou seja, que se encontre uma metodologia de fácil aplicação e viabilidade econômica, que apresente considerável eficiência e bom desempenho ambiental para o tratamento final dos resíduos gerados no Laboratório de Microbiologia do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR, Campus Curitiba, da UTFPR.

Referências

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos

laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para Descarte Final. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

AZMI, W.; SANI, R. K.; BANERJEE, U. C. Biodegradation of triphenylmethane dyes. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 22, n. 3, p. 185-191, 1998.

BALAN, D. S. L. **Descoloração de corantes e efluentes têxteis**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001.

BILA, D. M.; MONTALVÃO, F.; SILVA, A. C.; DEZOTTI, M. Ozonation of a landfill leachate: evaluation of toxicity removal and biodegradability improvement. *Journal of Hazardous Materials*, v. 117, n. 2/3, p. 235-242, 2005.

BOLDRIN, M. V.; CARNEIRO, P. A. O descarte dos corantes têxteis. *Revista Ciência Hoje*, v. 29, n. 174, p. 61-64, 2001.

CHAGAS, E. P.; DURRANT, L. R. Decolorization of azo dyes by *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus sajor-caju*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 29, n. 5, p. 473-477, 2001.

CORDEIRO, A. C. S.; LEITE, S. G. F.; DEZOTTI, M. Inativação por oxidação fotocatalítica de *Escherichia coli* e *Pseudomonas* sp. *Química Nova*, v. 27, n. 5, p. 689-694, 2004.

DURAN, N.; KUNZ, A.; MORAES, S. G.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

HARTL, M.; HUMPF, H. V. Toxicity assessment of fumonisins using the brine shrimp (*Artemia salina*) bioassay. *Food and Chemical Toxicology*, v. 38, n. 12, p. 1097-1102, 2000.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. O. Biodegradação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência e Natura*, v. 29, n. 1, p. 7-24, 2007.

KAMIDA, H. M.; DURRANT, L. R.; MONTEIRO, R. T. R.; ARMAS, E. D. Biodegradação de efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju*. *Química Nova*, v. 28, n. 4, p. 629-632, 2005.

KUMAR, K.; DEVI, S. S.; KRISHNAMURTHI, K.; GAMPAWAR, S.; MISHRA, N.; PANDYA, G. H.; CHAKRABARTI, T. Decolorisation, biodegradation and detoxification of benzidine based azo dye. *Bioresource Technology*, v. 97, n. 3, p. 407-413, 2006.

LEDAKWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. *Journal of Biotechnology*, v. 89, n. 2/3, p. 175-184, 2001.

MACHADO, K. M. G.; COMPART, L. C. A.; MORAIS, R. O.; ROSA, L. H.; SANTOS, M. H. Biodegradation of reactive textile dyes by basidiomycetous fungi from

- brazilian ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, n. 4, p. 481-487, 2006.
- RIBEIRO, M. C.; SOARES, M. M. S. R. **Microbiologia prática**: roteiro e manual: bactérias e fungos. São Paulo: Atheneu, 2002.
- SCHRANK, S. G.; SANTOS, J. N. R.; SOUZA, D. S.; SOUZA, E. E. S. Decolorisation effects of Vat green 01 textile dye and textile wastewater using H₂O₂/UV process. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 186, n. 2/3, p. 125-129, 2007.

ZIOLLI, R. L.; JARDIM, W. F. Ensaio de toxicidade na avaliação da qualidade de águas: o estado da arte no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, n. 1/2, p. 10-14, 1998.

Received on June 30, 2009.

Accepted on July 8, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.