



Potencialidade da biodegradação de corantes têxteis

Potential of biodegradation of textile dyes

Eliezio Nascimento Barboza¹, Francisco das Chagas Bezerra Neto², Adryele Gomes Maia³, Natália Cruz Crisostomo¹, Maria Raquel Leite Sampaio¹, Daniel José Formiga Neves⁴ & Romeu de Oliveira Felizardo⁵

¹Graduandos em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: eliezio10@gmail.com; nathaliacruzcris@gmail.com; raquelsampaio110@gmail.com;

²Graduando em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa, Paraíba, Brasil. E-mail: chagasneto237@gmail.com;

³Graduada em Farmácia pela Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: adryelegm@gmail.com;

⁴Graduado em Sistemas de Informações pela Faculdade Santa Maria em Recife-PE. E-mail: formiga.daniel@gmail.com;

⁵Licenciatura em Física e Mestre em Ensino de Física-IFCE. E-mail: romeu.oliveira@ifce.edu.br.

RESUMO - A partir da industrialização cresceu-se a necessidade de aumentar a produção de bens de consumo que geraram diversos impactos negativos ao meio ambiente. Destaca-se as indústrias têxteis que liberam efluentes de difícil degradabilidade, onde os métodos tradicionais não são eficientes, necessitando de outras técnicas alternativas, como o uso de microrganismos que possuem enzimas específicas para transformar as enormes cadeias aromáticas em cadeias alifáticas, no qual é mais fácil de ser degradada. Na biodegradação de corantes têxteis são utilizados fungos, bactérias, enzimas, algas e cianobactérias, sendo mais eficientes que as técnicas utilizadas nas estações de tratamento de água e esgoto e é mais viável economicamente. Portanto, esse trabalho de revisão de literatura tem como objetivo buscar analisar a potencialidade do processo biodegradação dos corantes têxteis.

Palavras-chave: Biotecnologia Ambiental, Efluente têxtil, Degradação, Microrganismos.

ABSTRACT - From industrialization, the need to increase the production of consumer goods that generated several negative impacts on the environment has grown. It is noteworthy the textile industries that release effluents of difficult degradability, where traditional methods are not efficient, requiring other alternative techniques, such as the use of microorganisms that have specific enzymes to transform the huge aromatic chains in aliphatic chains, in which it is easier to degrade. In the biodegradation of textile dyes, fungi, bacteria, enzymes, algae and cyanobacteria are used, being more efficient than the techniques used in water and sewage treatment plants and is more economically viable. Therefore, this literature review work aims to analyze the potentiality of the biodegradation process of textile dyes.

Keywords: Environmental Biotechnology. Textile Effluent. Degradation. Microorganisms.

INTRODUÇÃO

Os corantes e pigmentos são substâncias compostas e compostos químicos utilizadas para a coloração de diversos produtos, como alimentos, lã, couro, cosméticos, papéis, plásticos, materiais têxteis sintéticos e naturais (MELO; AZEVEDO, 1997). Em química, os corantes são denominados como substâncias de caráter aromático, que é capaz de colorir de forma irreversível um substrato. Em um sentido mais amplo, corante designa qualquer substância que dá cor, tingem, colore. Diferente dos corantes, os branqueadores ópticos conferem o “branco puro” são compostos orgânicos incolores ou pouco pigmentado (DELLAMATRICE; MONTEIRO; BALAN, 2008).

Uma vez que os corantes, pigmentos e branqueadores ópticos são compostos complexos, é improvável traduzi-los por uma fórmula química, podendo

ser compostos por misturas de vários compostos ou podem não possuir uma estrutura química definida. Sendo assim, para identificar os corantes, é utilizado o Colour Index (CI), publicação da *American Association of Textile Colorists and Chemists* (AATCC) e da *British Society of Dyers and Colorists*, que contém uma lista organizada de nomes e números para designar os diversos tipos destes corantes (DELLAMATRICE; MONTEIRO; BALAN, 2008).

Segundo Silva (2006) os compostos devem possuir características específicas para que possam ser utilizadas como corantes, dentre elas destacam-se a cor, afinidade para com as fibras a que se destina, solidez aos agentes a que o artigo têxtil irá ser submetido após o tingimento. Os corantes sintéticos são classificados como poluentes emergentes, estão sempre sendo introduzidos no ambiente por meio de atividades antrópicas. Tais corantes são descritos como substâncias químicas que não foram

Aceito para publicação em: 18/08/2019.

incluídas em programas de monitoramento nem em uma legislação referente a qualidade ambiental (HORVAT et al., 2012).

Os corantes podem ser classificados de acordo com a sua composição química ou de acordo com o método

que ele será fixado na fibra têxtil. Assim, de acordo com Guaratini e Zanoni (2000) têm-se a seguinte classificação: Corantes ácidos, azoicos, branqueadores, a Cuba, diretos, dispersivos, de enxofre, pré-metalizados e os reativo.

Tabela 1: Classificação pelo Colour Index segundo o substrato a ser tingido.

Classe	Principais campos de aplicação
Branqueadores ópticos	Detergentes, fibras naturais, fibras artificiais, fibras sintéticas, óleos, plásticos, sabões, tintas e papel
Corantes	
A Cuba Sulfurados	Fibras naturais e fibras artificiais
À Tina	Fibras naturais
Ácidos	Alimentos, couro, fibras naturais, fibras sintéticas, lã e papel
Ao Enxofre	Fibras naturais
Azoicos	Fibras naturais, fibras sintéticas
Básicos	Couro, fibras sintéticas, lã, madeira e papel
Diretos	Couro, fibras naturais, fibras artificiais e papel
Dispersos	Fibras artificiais e fibras sintéticas
Mordentes	Alumínio anodizado, lã, fibras naturais e fibras sintéticas
Reativos	Couro, fibras naturais, fibras artificiais e papel
Solventes	Ceras, cosméticos, gasolina, madeira, plásticos, solventes orgânicos, tintas de escrever e vernizes
Pigmentos Orgânicos	Tintas gráficas, tintas e vernizes, estamperia têxtil, plásticos
Pigmentos Inorgânicos	Tintas gráficas, tintas e vernizes, estamperia têxtil, plásticos

Fonte: Melo e Azevedo, 1997. Elaborado pelos autores.

O Brasil é o quarto maior produtor de malhas no mundo, possui referência mundial em design e é a maior cadeia têxtil do Ocidente. A produção média de confecção é aproximadamente 8,9 bilhões de peças, que inclui vestuário, meias, acessórios, cama, mesa e banho (ABIT, 2019).

A resolução CONAMA nº 357 de 2005 estabelece os padrões e condições para o lançamento de efluentes, estabelecendo os padrões de qualidade das águas e os limites individuais para cada substância, as interações entre substâncias não podem atribuir às águas características que possam causar efeitos letais à vida. Ainda, resolução CONAMA nº 430 publicada em maio de 2011, altera e complementa a resolução nº 357, estabelece os critérios em relação à cobrança do atendimento dos parâmetros de toxicidade pelos órgãos ambientais (BRASIL, 2005).

As empresas focam somente em evitar multas, investindo apenas o básico em relação ao tratamento adequados dos seus resíduos. Outro quesito consiste na falta de monitoramento e fiscalização dos resíduos (ABREU et al., 2008).

Os riscos toxicológicos de corantes têxteis estão relacionados ao modo e tempo de exposição, ingestão oral, sensibilização da pele e vias respiratórias (GUARATINI; ZANONI, 2000). Os testes de toxicidade expõem os organismos as substâncias durante um intervalo de tempo e posteriormente é avaliado os danos causados pelos

compostos (DELLAMATRICE, 2005). Existem dois tipos de efeitos, os efeitos agudos e crônicos, o efeito agudo é severo e rapidamente sentido pelo organismo, já o efeito crônico é resultado de longas exposições e em baixas concentrações (DELLAMATRICE, 2005).

Grande parte dos corantes têxteis não apresentam toxicidade que possa causar grandes prejuízos a saúde humana, entretanto os básicos e diazo diretos são considerados mais tóxicos (BUMPUS, 1995). Em uma análise de toxicidade oral de corantes têxteis a partir de um estudo de revisão, Guaratini e Zanoni (2000) apresentaram que poucos corantes podem apresentar toxicidade aguda ($LD_{50} < 5g/Kg$). Entretanto, os corantes que contém os grupos amino, aquilamino e acetilamino são susceptíveis a sofrer oxidação por meio da hidroxilação de moléculas, resultando na formação do NH^+ , no qual possui potencialidade mutagênica do DNA (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Cerca de 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio ambiente durante o processo síntese, processamento ou aplicação. Hoje em dia, cerca de 10 mil corantes são produzidos em uma escala industrial, dos quais aproximadamente 2 mil estão disponíveis para a produção da indústria têxtil (DALLAGO et al., 2005).

Os corantes das indústrias têxteis são criados para possuir uma elevada resistência, com extensos grupos aromáticos de difícil degradação, sendo necessário a

utilização de técnicas específicas para a degradação desses corantes (NILSSON et al., 2006). Logo, nas últimas décadas vem crescendo o número de estudos que tratam de processos biotecnológicos para o tratamento dos efluentes têxteis (AKSU; DÖNMEZ, 2005).

Das técnicas utilizadas para o tratamento dos efluentes têxteis, destaca-se a biodegradação, essa técnica utiliza microrganismos com finalidade de diminuir a sua toxicidade, são utilizados fungos, bactérias, cianobactérias, algas e enzimas (MELO; AZEVEDO, 1997). Esse estudo tem como objetivo analisar a potencialidade da biodegradação de corantes têxteis a partir de um estudo de literatura, abordando os principais aspectos que norteiam essa temática.

METODOLOGIA

Este presente artigo trata-se de uma revisão de literatura e de caráter exploratório, feita a partir de uma pesquisa de artigos realizada em diversas plataformas de dados, como: SCOPUS, *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e PUBMED. Foi utilizado os seguintes descritores: corantes, biodegradação e efluentes industriais.

Foram empregados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados em português, inglês ou espanhol, originais ou de revisão. Posteriormente da escolha dos trabalhos, os resumos foram lidos e analisados. Foram selecionados 27 trabalhos que estavam de acordo com os critérios estabelecidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Degradação por enzimas

Sabendo-se todos os danos que esses compostos podem trazer ao meio ambiente, foi necessário o desenvolvimento de processos alternativos e eficientes de remediação para tratamento de poluentes específicos, e um deles foi o uso de enzimas. As enzimas são proteínas que tem a função de catalisar reações químicas, acelerando consideravelmente sua velocidade.

Cada corante tem uma estrutura particular e as enzimas são altamente específicas, isso limita a sua implementação em larga escala, e sua capacidade de atuação também é afetada pelo pH e temperatura do meio. As enzimas mais utilizadas são as lacases e peroxidases, pois apresentam um grande potencial no tratamento de uma variedade de compostos orgânicos (SOARES, 2000).

O uso de enzimas na remoção da cor de efluentes industriais apresenta limitações devido ao baixo rendimento e o alto custo de produção destes biocatalisadores. A HRP é a peroxidase secretada por plantas e é bastante utilizada devido sua elevada atividade catalítica e capacidade de oxidar um grande número de substratos. Vários estudos apresentam ótimos resultados para a peroxidase da soja e do nabo semelhantes a HRP disponível comercialmente. Diante desse cenário, já foram realizadas diversas pesquisas para obter a comprovação da efetividade do uso dessas enzimas, alguns trabalhos serão citados a seguir:

Ahmedi et al. (2012) investigaram as condições ótimas para maximizar a remoção do corante Congo Red usando peroxidase de nabo (*Brassica rapa*). Os autores comprovaram a ausência de sub-produtos tóxicos, assim como a não formação de precipitados poliméricos. De

acordo com Ali et al. (2013), o mecanismo enzimático de degradação do corante azo Crystal Ponceau 6R apresenta duas vias, uma simétrica e outra assimétrica. No estudo desenvolvido pelos autores, a peroxidase de soja mostrou-se 29 efetiva na remoção do corante, com 100% de remoção em 1 min e mineralização quase total do corante

O estudo de Silva et al. (2012) utilizando a mesma enzima, avaliou a remoção de vários corantes reativos. O tratamento mostrou que a eficiência de remoção de cor diminui na presença de produtos auxiliares de tingimento, empregados na indústria têxtil. Por outro lado, se obteve um incremento significativo da DQO. Os autores atribuíram esse aumento às possíveis causas: matéria orgânica adicionada na forma de extrato enzimático vegetal bruto, presença de corante residual e produtos formados durante o processo oxidativo.

Eficiências de remoção de cor de 75, 82 e 69%, respectivamente, foram encontradas na degradação do corante azo Yellow utilizando tais enzimas. Adicionalmente, o efluente tratado não apresentou toxicidade (SURENDIRAN; SUBRAMANI, 2016).

Apesar de todo esforço da área acadêmica, ainda se encontram diversas dificuldades para o aprimoramento do uso das enzimas, isso porque o funcionamento delas envolvem as condições físicas e químicas do meio ambiente em que está inserida. Caso não esteja com valores de pH e temperatura dentro da faixa suportável a enzima pode ser desnaturada. Também há outro empasse na área de estudo devido a necessidade conhecer os compostos intermediários e finais das etapas de degradação, pois vários mecanismos de ação enzimática ainda são desconhecidos e as informações limitadas.

Degradação por fungos

Existem diversas maneiras de tratamento para efluentes têxteis, como: tratamentos físicos, químicos e biológicos (KAMIDA et al., 2005). Os processos físico-químicos apresentam diversas características não apropriadas para a degradação de corantes têxteis, sendo considerados como limitado no tratamento de efluentes quando comparado com os processos biológicos (KUNZ et al., 2002), pois segundo Selcuk (2005), o sistema de tratamento de efluentes têxteis utilizando a metodologia físico-química utiliza floculantes para posteriormente a flotação das partículas, esses processos são eficientes na remoção de partículas suspensas, mas ineficientes na remoção de cor e compostos dissolvidos.

Destaca-se o uso dos fungos e as bactérias, tendo em vista que são tratamentos de baixo custo, não poluem o meio ambiente e são eficientes na degradação de corantes (APOLINARIO et al., 2019). Os fungos possuem características mais vantajosas do que às bactérias na biodegradação de corantes têxteis, pois possuem características de oxidar compostos e por possuir enzimas (KAUSHIK; MALIK, 2009), a partir do H₂O₂ que oxida a enzima, retirando um elétron, de núcleos aromáticos formando radicais aril (CARVALHO, 2005), além de atuar em altas e baixas concentrações de compostos tóxicos, em ampla escala de pH, temperatura e salinidade (SOUZA; ROZADO, 2009).

Giardina et al. (2010) afirma que os fungos de podridão branca são os mais eficientes na degradação dos diversos tipos de corantes. O uso do fungo na biodegradação

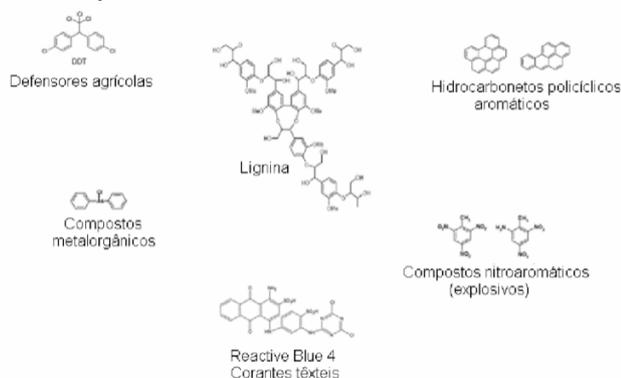
é bastante eficiente, pois apresentam capacidade de degradar as moléculas mais complexas por meio da produção de enzimas específicas (DULLIOS, 2004).

Os fungos apresentam um sistema enzimático complexo, no qual é ideal na degradação de corantes têxteis, pois a enzimas lignina peroxidase dos fungos basidiomicetos da podridão branca degradam a lignina dos corantes (YANG et al., 2009), quebrando as ligações das moléculas complexas dos variados corantes de difícil biodegradabilidade (APOLINARIO et al., 2019), além das enzimas manganês peroxidase, lacases e fenol oxidases, enzimas estas que são capazes de tratar resíduos têxteis (MELO; AZEVEDO, 1997). Os autores afirmam que os principais fungos que realizam essa função de degradar corantes têxteis são: *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus* spp., *Coriolus versicolor* *Trametes versicolor*, esses fungos são capazes de degradar os diversos compostos (RODRIGUES; FERNÁNDEZ; BERMÚDEZ, 2003).

A enzima lignina peroxidase (LiPs) promovem reações de degradação de ácidos amino aromáticos, posteriormente o mecanismo extracelular degradam a lignina (MOREIRA; SÉRGIO, 2006).

Entre os fungos que degradam os corantes têxteis, destaca-se a espécie de basidiomicetes, mais conhecidos como cogumelos, formando corpos de frutificação e filamentos conhecidos como hifas (SOUZA; ROZADO, 2009). Estes fungos são caracterizados por secretar enzimas que convertem polímeros complexos em moléculas menores do que as iniciais (MOREIRA; SÉRGIO, 2006). As enzimas específicas dos fungos filamentosos tem a capacidade de degradar os diversos tipos de poluentes com características semelhantes as estruturas da lignina, um exemplo são as moléculas dos corantes têxteis que poluem o meio ambiente (NIEBISCH, 2009), conforme a imagem 1.

Imagem 1: Similaridade estruturais entre a lignina e os diversos poluentes.



Fonte: Niebisch, 2009.

Nos processos que usam fungos para degradação, destacam-se os fungos de podridão branca, no qual tem capacidade de degradar a lignina através das enzimas lignolíticas, as ligninas estão presentes nos variados poluentes, inclusive os corantes têxteis (KUNZ et al., 2002), além de possuir capacidade de descolorir uma ampla variedade de corantes sintéticos (FOLTRAN, 2009). A utilização dos fungos filamentosos nos processos de biorremediação vem crescendo nas últimas décadas devido pelas características dos microrganismos e pela capacidade

de resistir aos ambientes adversos (CONCEIÇÃO, 2005). Os fungos desse tipo agem oxidando compostos fenólicos, diésteres e bifenilas (BALAN; MONTEIRO, 2001).

Kamida et al. (2005) em um estudo sobre a ação dos fungos do gênero *Pleurotus*, notaram que houve degradação quase por completo de efluentes têxteis e outros tipos de resíduos, a degradação foi possível devido a presença das enzimas lignolíticas. Em um estudo similar, Martins et al. (2003) analisaram a eficácia de oito tipos de corantes por quatro espécies fúngicas, no qual o mais eficaz foi a espécie *Trametes versicolor*, com eficiência de aproximadamente de 76 a 100%.

Degradação por bactérias

As bactérias apresentam boas características para a degradação eficiente de poluentes a um baixo custo operacional e adequado tratamento de efluentes têxteis. A descoloração microbiana por bactérias é mais frequentemente utilizada nestes processos pela facilidade de cultivo e rápido crescimento sob condições aeróbicas ou anaeróbicas (SCHMIDT apud SOLIS et al. 2012). Tem se verificado também a formação de amins tóxicas, como subprodutos da degradação, as quais são mutagênicas e cancerígenas (VAN DER ZEE; LETTINGA; FIELD, 2001).

A quebra da ligação do grupamento amina, ligação azo (N=N), é o principal veículo para a degradação, que ocorre principalmente por azo-redutases, que são enzimas de baixa especialidade. Após a clivagem do azo, inicia a quebra da molécula através de reações de oxidação, redução, hidroxilação, desalogenização, hidrólise, demetilação assim tornando uma molécula susceptível a ação de outros organismos.

Em um estudo de caso Schimidt (2018) utilizou um isolado nas condições ótimas de ph e temperatura pudesse aresentar um percentual elevado de descoloração do corante amaranto na concentração de 200mg.L⁻¹. A degradação foi averiguada por análise espectral UV-visível. “A influência de pH, temperatura e concentração do corante AM é determinante no processo de degradação, pois otimiza o resultado e possibilita minimizar o erro para os ensaios com maior volume do corante em solução” (SCHMIDT,2018, p.48). A tolerância ao pH de bactérias que atuam na descoloração é bastante importante, pois a cultura bacteriana geralmente exhibe descoloração máxima em pH próximo ao neutro.

Degradação por cianobactérias e algas

As cianobactérias têm um amplo e variado impacto dentro dos ecossistemas naturais e podem atuar causando efeitos benéficos e nocivos à saúde dos seres humanos e animais. Alguns desses organismos oxigênicosfotoautotrófos são importantes produtores primários de nitrogênio combinado (HASELKORN; BUIKEMA, 1992)

A possível utilização das cianobactérias na degradação de compostos xenobióticos (substâncias químicas produzidas pelo homem, que após cumprirem sua função, invariavelmente, são descartadas no ambiente alterando o equilíbrio dos ecossistemas e pondo em risco à saúde humana) vem sendo estudada, principalmente na descontaminação de águas. (VIEIRA, 2007)

Por ser um organismo fotossintético não necessita de adição de fonte de carbono, sendo uma cultura de fácil manutenção. Jinqi e Houtian (1992) estudaram a degradação de 30 corantes do grupo azo pelas algas verdes *Chlorella pyrenoidosa* e *Chlorella vulgaris* e pela cianobactéria *Oscillatoria tenuis* e encontraram porcentagens de descoloração variando de 7 a 100% para *Chlorella vulgaris*.

Shah, Garg e Madamwar (2001) também observaram descoloração de corantes por cianobactérias. Eles testaram três corantes (AcidRed, AcidRed 119 e Direct Black 155) com a cianobactéria *Phormidium valderianum*, e diagnosticaram que nos três corantes houve uma descoloração superior a 90%. Além disso, foi observado que a eficiência aumentou com pH acima de 11, indicando que esta cianobactéria pode ser utilizada em efluentes de características alcalinas, como os têxteis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise da potencialidade do uso de microrganismos para a degradação de corantes têxteis, pode-se afirmar que os efluentes têxteis apresenta-se como uma atividade potencialmente poluidora de corpos aquáticos pela liberação de efluentes de difícil degradabilidade, sendo considerado pela literatura como os causadores de diversos impactos ambientais devido a sua alta solubilidade e elevada resistência aos métodos convencionais de tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).

Entretanto, nas últimas décadas os microrganismos vêm sendo estudado para essa atividade, sendo eficiente devido a presença de enzimas específicas que quebram as cadeias complexas a partir da oxidação, transformando a cadeia complexa em cadeia alifática, diminuindo sua toxicidade. Porém, a aplicação dessa técnica em efluentes têxteis necessita de mais estudos, tendo em vista que é uma técnica nova, e há poucos estudos sobre essa temática.

REFERÊNCIAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. **Publicações**. Disponível em: <<http://www.abit.org.br>>. Acesso em 03 jan. 2019.

ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de et al. Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 159-172, 2008.

AHMEDI, Afaf et al. Enzymatic degradation of Congo Red by turnip (*Brassica rapa*) peroxidase. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 67, n. 7-8, p. 429-436, 2012.

AKSU, Zümriye; DÖNMEZ, Gönül. Combined effects of molasses sucrose and reactive dye on the growth and dye bioaccumulation properties of *Candida tropicalis*. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 7, p. 2443-2454, 2005.

ALI, Liaquat et al. Soybean peroxidase-mediated degradation of an azo dye—a detailed mechanistic study. **BMC biochemistry**, v. 14, n. 1, p. 35, 2013.

APOLINARIO, Márcia Gabrielle et al. Biodegradação de água residuária têxtil in natura por fungo em reator de leito fixo fluxo contínuo. **Revista Dae**, [s.l.], v. 67, n. 215, p.127-138, 2019.

BALAN, Doralice SL; MONTEIRO, Regina TR. Decolorization of textile indigo dye by ligninolytic fungi. **Journal of Biotechnology**, v. 89, n. 2-3, p. 141-145, 2001.

BOTH, M. A. et al. Degradação enzimática do corante de cochonilha. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Resolução do CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Resolução do CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <>. Acesso em: 08 fev. 2019.

BUMPUS, John A. Microbial degradation of azo dyes. In: **Progress in Industrial Microbiology**. Elsevier, 1995. p. 157-176.

CARVALHO, C. C. **Produção de Ligninases por Basidiomicetos através de Fermentação em estado sólido, caracterização e aplicação das enzimas**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L. C. A. Resíduos sólidos de curtumes como absorventes para remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.

DELLAMATRICE, Priscila Maria. **Biodegradação e toxicidade de corantes têxteis e efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana, SP**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DELLAMATRICE, Priscila Maria; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim; BALAN, Doralice de Souza Luro. Capítulo 14-Biodegradação de corantes têxteis. **Microbiologia ambiental**, p. 647, 2008.

FOLTRAN, Camile. Caracterização da atividade biodegradadora e de biosorção de corantes têxteis por três isolados de fungos do ambiente. 2009.

FORGIARINI, Eliane et al. **Degradação de corantes e efluentes têxteis pela enzima Horseradish Peroxidase (HRP)**. 2006.

FRANCISCON, Elisângela et al. **Biodegradação de azocorantes por bacterias isoladas de efluentes industriais**. 2005.

GIARDINA, Paola et al. Laccases: a never-ending story. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 67, n. 3, p. 369-385, 2010.

GUARATINI, Cláudia CI; ZANONI, Maria Valnice B. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

- HASELKORN, Robert; BUIKEMA, William J. Nitrogen fixation in cyanobacteria. **Biological nitrogen fixation**. Chapman and Hall, New York, NY, p. 166-190, 1992.
- HEINFLING, AMJMATBMSU et al. Transformation of industrial dyes by manganese peroxidases from *Bjerkandera adusta* and *Pleurotus eryngii* in a manganese-independent reaction. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 64, n. 8, p. 2788-2793, 1998.
- HORVAT, A. J. M.; PETROVIC, M.; BABIC, S.; PAVLOVIC, D. M.; ASPERGER, D.; PELKO, S.; MANCE, A. D.; KASTELAN-MACAN, M. Analysis, occurrence and fate anthelmintics and their transformation products in the environment. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 31, p. 61-24, 2012.
- JINQI, Liu; HOUTIAN, Liu. Degradation of azo dyes by algae. **Environmental pollution**, v. 75, n. 3, p. 273-278, 1992.
- KAMIDA, Hélio Mitoshi et al. Biodegradação de efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju*. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 629-632, 2005.
- KAUSHIK, Prachi; MALIK, Anushree. Fungal dye decolorization: recent advances and future potential. **Environment International**, v. 35, n. 1, p. 127-141, 2009.
- KUNZ, Airton et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
- MARTINS, M. Adosinda M. et al. Comparative studies of fungal degradation of single or mixed bioaccessible reactive azo dyes. **Chemosphere**, v. 52, n. 6, p. 967-973, 2003.
- MELO, Itamar Soares De; AZEVEDO, João Lúcio de. **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna. EMBRAPA. pp. 438, 1997.
- MOREIRA, N.; SÉRGIO, L. Enzimas Lignolíticas produzidas por *Psilocybecastanella* CCB444 em solo contaminado com hexaclorobenzeno. **Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente**, 2006.
- NIEBISCH, Carolina Heyse. **Biodegradação do corante textilremazol azul por *Lentinus crinitus*, *Lepistasordida* e *Hydnopolyporus fimbriatus***. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.
- NILSSON, Ida et al. Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. **Enzyme and microbial technology**, v. 38, n. 1-2, p. 94-100, 2006.
- QU, Yuanyuan et al. Decolorization of reactive dark blue KR by the synergism of fungus and bacterium using response surface methodology. **Bioresourcetechnology**, v. 101, n. 21, p. 8016-8023, 2010.
- REYS, L. F. **Estudo da degradação de Polietileno Tereftalato (PET) por Fungos Basidiomicetes Lignofílicos**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- RODRÍGUEZ, Suyén et al. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. **Rev. Iberoam. Micol**, v. 20, p. 164-168, 2003.
- SCHMIDT, Cássio. **Isolamento e caracterização de bactérias eficientes na biodegradação de corantes azo sintéticos**. 2018. Dissertação de Mestrado.
- SELCUK, Huseyin. Decolorization and detoxification of textile wastewater by ozonation and coagulation processes. **Dyes and Pigments**, v. 64, n. 3, p. 217-222, 2005.
- SHAH, Vishal; GARG, Nikki; MADAMWAR, Datta. Ultrastructure of the fresh water cyanobacterium *Anabaena variabilis* SPU 003 and its application for oxygen-free hydrogen production. **FEMS Microbiology Letters**, v. 194, n. 1, p. 71-75, 2001.
- SILVA, Maria Cristina et al. Descoloração de corantes industriais e efluentes têxteis simulados por peroxidase de nabo (*Brassica campestris*). **Química nova**, v. 35, n. 5, p. 889-894, 2012.
- SILVA, R. **Tratamento de Fibras Têxteis com Ultra-Sons e Enzimas**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Minho, Braga, 2006.
- SOARES, Graça. **Aplicação de sistemas enzimáticos à degradação de corantes têxteis**. Tese de doutorado, Universidade de Minho, 2000.
- SOUZA, Aline Francisca; ROSADO, Fábio Rogério. < b> Utilização de Fungos Basidiomicetes em Biodegradação de Efluentes Têxteis. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 121-139, 2009.
- SPAREMBERGUER, Raquel Fabiana Lopes; DA SILVA, Danielle Aita. **A Relação Homem, Meio Ambiente, Desenvolvimento e o Papel do Direito Ambiental**. Veredas do Direito, v. 2, p. 81, 2005.
- TUOMELA, M. et al. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource technology**, v. 72, n. 2, p. 169-183, 2000.
- VAN DER ZEE, Frank P.; LETTINGA, Gatzke; FIELD, Jim A. Azo dye decolorisation by anaerobic granular sludge. **Chemosphere**, v. 44, n. 5, p. 1169-1176, 2001.
- VIEIRA, Felipe Dias Pacheco. **Descoloração e degradação de corantes têxteis por cianobactérias**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.
- WESTPHAL, Luciana. **Degradação de corantes têxteis reativos por biocatalizadores enzimáticos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- YANG, Qingxiang et al. Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. **Biochemical Engineering Journal**, v. 43, n. 3, p. 225-230, 2009.