



Utilização do fungo *Aspergillus niger* em processos biológicos de tratamento de efluentes industriais: revisão de literatura

Jéssica dos Santos Rossettini ¹, Renata Ruaro ²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: jessicabiologa2014@gmail.com

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: renataruaro_@hotmail.com

Resumo

Com o advento da industrialização, a geração de efluentes industriais vem aumentando a cada ano, e se não tratados corretamente, podem causar grandes prejuízos ao meio ambiente. Existem diversas tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes industriais, sendo divididas em processos físicos, químicos e biológicos. Os processos biológicos são aqueles que utilizam microrganismos, como fungos e bactérias, para degradar os efluentes e transformá-los em materiais menos nocivos, e vêm sendo amplamente utilizado pelas indústrias. O presente trabalho objetivou, através de uma revisão de literatura, explicar sobre os processos biológicos que empregam o fungo da espécie *Aspergillus niger* e a capacidade dessa espécie em degradar os efluentes industriais.

Palavras-chave: *Aspergillus niger*. Processos biológicos. Efluentes.

Área Temática: Águas residuárias.

Use of fungus *Aspergillus niger* in biological processes of industrial wastewater treatment: literature review

Abstract

*With the advent of industrialization, the generation of industrial wastewater is increasing every year, and if not treated properly, can cause great damage to the environment. There are several technologies available for the treatment of industrial effluents, being divided into physical, chemical and biological processes. Biological processes are those which use microorganisms such as fungi and bacteria to degrade the wastewater and transform it into less harmful materials, and have been widely used by industries. This study aimed, through a literature review, explain about the biological processes employing the fungus of the species *Aspergillus niger* and the ability of this species to degrade industrial effluents.*

Key words: Aspergillus niger. Biological processes. Effluents.

Theme Area: Wastewater



1 Introdução

Desde o início da evolução humana, as diversas atividades antrópicas têm provocado impactos ao meio ambiente, e a cada ano, esses impactos têm se intensificado. As atividades industriais geram grandes quantidades de efluentes que, por conterem em sua composição elevados teores de compostos orgânicos, impactam consideravelmente o meio ambiente (BRITTO; RANGEL, 2008).

A disposição correta de efluentes industriais em um corpo receptor, como rios e estações de tratamento de esgotos sanitários, ocorre quando o efluente é tratado corretamente e atende os padrões sanitários, ambientais e legais de lançamento e qualidade, visando à preservação ambiental e à manutenção da integridade dos corpos receptores (CAVALCANTI, 2009).

Para que isso seja possível, existem diversos sistemas de tratamentos de efluentes, e entre eles podemos citar os processos biológicos, que utilizam microrganismos na decomposição da matéria presente nos efluentes.

Entre os microrganismos utilizados nesses processos estão os fungos, conhecidos popularmente por bolores, leveduras e cogumelos, sendo um grupo bastante numeroso e podendo ser encontrados em diversos tipos de ambientes.

Os fungos apresentam grande importância para o equilíbrio ecológico, uma vez que são decompositores de matéria orgânica, além de serem utilizados em processos de tratamento de efluentes, convertendo a matéria orgânica presente nesses efluentes em substâncias mais simples.

Por essa razão, o presente trabalho objetivou explicar, através de uma revisão de literatura, sobre os processos biológicos e citar casos de tratamentos de efluentes que empregam o fungo da espécie *Aspergillus niger* e a capacidade dessa espécie em degradar os compostos orgânicos presentes em efluentes industriais.

2 Fungos

Os fungos são organismos heterótrofos, que obtêm seu alimento a partir da decomposição de matéria orgânica morta, como parasitas ou devido à associação com outros organismos. São espécies eucariontes, ou seja, que possuem núcleo celular organizado e envolto por membrana e são, em sua maioria, pluricelulares, apesar de existirem espécies unicelulares, como as leveduras. A estrutura dos fungos é composta pelas hifas, filamentos de células que apresentam um rápido crescimento, e formam uma rede, conhecida como micélio (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996).

Esses microrganismos são classificados, basicamente, em quatro grupos: Zygomycota (zigomicetos), Ascomycota (ascomicetos), Basidiomycota (basidiomicetos) e Deuteromycota (deuteromicetos). Os zigomicetos, em sua maioria, vivem no solo, sobre matéria orgânica em decomposição, e a espécie mais conhecida é o *Rhizopus stolonifer*, um bolor preto que forma massas cotonosas na superfície de alimentos. Já os ascomicetos incluem a maioria dos bolores que estragam os alimentos, além das trufas, morchelas, leveduras e líquens, que são associações de fungos com algas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). Os basidiomicetos, representados pelos cogumelos e orelhas-de-pau, têm papel importante na decomposição de substratos vegetais, constituindo 2/3 da biomassa viva no solo. Por fim, os deuteromicetos, que são considerados "fungos imperfeitos" por não apresentarem uma fase sexuada durante sua reprodução e cujos membros mais conhecidos são os fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996).



O gênero *Aspergillus* possui mais de 185 espécies conhecidas, entre elas está o *Aspergillus niger*, espécie de fungo filamentoso e aeróbio, de rápido crescimento e que pode ser encontrado em superfícies de líquidos e sólidos (COSTA, 2011). Existe hoje no meio científico uma diversidade de estudos sobre o uso dessa espécie no tratamento de efluentes, devido à sua capacidade de produzir enzimas e ácidos orgânicos, além de se destacar na degradação de compostos recalcitrantes de diversas indústrias por ser capaz de trabalhar em uma faixa de pH entre 3 e 4 (BENEVIDES; MARINHO, 2015).

3 Processos biológicos

A evolução dos processos industriais é uma das principais responsáveis pela contaminação ambiental, e ao longo das décadas, tem produzido resíduos nocivos, que contribuem com a contaminação dos corpos d'água, devido à ausência de sistemas de tratamento eficientes (FREIRE et al., 2000).

De acordo com Cavalcanti (2009), os efluentes industriais variam em composição e em quantidade dependendo dos produtos fabricados, da natureza e porte da indústria, além do grau de modernidade dos processos produtivos, tipos de matérias-primas empregadas, nível de automação destes processos e também das práticas de reciclagem e reuso de cada fonte geradora.

Para que um efluente seja lançado em um corpo d'água, ele deve passar por um tratamento adequado e que atenda às exigências impostas pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que foi recentemente complementada pela Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”.

Os sistemas de tratamento são formados por uma série de processos, entre eles, os processos biológicos, que dependem da ação de microrganismos para a transformação de matéria orgânica, sob a forma de sólidos dissolvidos e em suspensão, em compostos simples, como sais minerais, gás carbônico, água e outros. Esse tipo de processo é utilizado no tratamento ao nível secundário, pois visa reduzir o teor de matéria orgânica solúvel no efluente. Os sistemas mais empregados nos processos biológicos são: lodos ativados, filtros biológicos, lagoas aeradas, lagoas de estabilização e digestores anaeróbios de fluxo ascendente (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2014).

4 Emprego do fungo *Aspergillus niger* em sistemas de tratamento de efluentes

Segundo Cavalcanti (2009), a degradação biológica de efluentes, constituídos principalmente de matéria orgânica biodegradável, ocorre pela ação de microrganismos que metabolizam essa matéria, transformando-a em componentes mais simples, como gases. Ainda de acordo com o autor, os fungos são capazes de degradar compostos como a lignina, DDT (diclorodifeniltricloreto) e outros compostos recalcitrantes através da ação da enzima peroxidase. Assim, existem estudos no meio científico que demonstram a utilização de fungos, no caso a espécie *Aspergillus niger*, em sistemas de tratamento de efluentes que adotam algum tipo de processo biológico.

Santaella et al. (2009) estudou o desempenho de reatores biológicos, inoculados com o fungo *Aspergillus niger*, para a remoção de matéria orgânica, fenóis e compostos nitrogenados de efluentes de refinarias de petróleo. Segundo o autor, a escolha por essa espécie de fungo ocorreu devido à alta eficiência do mesmo na remoção de compostos



nitrogenados e à capacidade dessa espécie de se proteger de estresses ambientais, como temperaturas extremas, limitações de nutrientes e modificações abruptas de pH. Após os testes realizados em laboratório, foi constatado que o fungo escolhido foi capaz de tratar efluentes com baixas concentrações de matéria orgânica e fenóis, porém o autor acredita que essa remoção seria mais eficiente se houvesse uma fonte primária de carbono disponível (SANTAELLA et al., 2009). Em relação aos compostos nitrogenados, a aplicação dessa espécie não foi eficiente, e os autores atribuem o ocorrido a dois fatores: a presença de oxigênio, que inibiu o processo de desnitrificação (transformação de nitrato em gás nitrogênio), e a influência do pH, que contribui para a amonificação (transformação do nitrogênio em amônia, considerada uma substância tóxica) (SANTAELLA et al., 2009).

Em muitos processos de tratamento, é comum a aplicação de dois ou mais métodos a fim de se obter um efluente de melhor qualidade e que esteja dentro das normas presentes na legislação. É o caso de um estudo realizado por Sampaio et al. (2004), que avaliou a eficiência de um sistema biológico de tratamento do efluente de uma indústria de beneficiamento de castanha de caju, através da associação de um reator UASB e um reator biológico contendo *Aspergillus niger*, associado à outra espécie de fungo, *Cladosporium herbarum*. Depois de realizados os testes em laboratórios e analisado o desempenho de ambos os processos, os autores concluíram que as espécies empregadas são viáveis para a remoção de matéria orgânica e compostos nitrogenados, como o nitrato, do efluente, porém, não foram eficientes na remoção de amônia e fosfato, necessitando, assim, de mais uma etapa no tratamento (SAMPAIO et al., 2004).

Outro estudo que utilizou a espécie *Aspergillus niger* foi realizado por Rodrigues (2006) para o tratamento de água residuária sintética contendo fenol, utilizando dois reatores biológicos, batelada e contínuos de leito fixo. Após a realização dos experimentos, o autor concluiu que o fungo utilizado foi eficiente na remoção de fenol do efluente, pois o mesmo utilizou essa substância como fonte de energia. Nos reatores em batelada, a presença de glicose ocasionou um maior consumo de fenol devido ao rápido crescimento dos fungos, já nos reatores contínuos de leito fixo, onde foi utilizado um biofilme, a eficiência na remoção de fenol e matéria orgânica foi menor, devido ao crescimento excessivo dos fungos no interior do reator, sendo assim necessário um melhor ajuste nutricional do meio para controlar esse crescimento (RODRIGUES, 2006).

Silva et al. (2013) estudaram a capacidade do fungo *Aspergillus niger* em remover a matéria orgânica, por meio de reatores em batelada, presente em água residuária de laticínio, caracterizada por apresentar elevados níveis de nutrientes e produtos químicos. Após a realização dos testes, os autores concluíram que o fungo utilizado foi eficiente na remoção de matéria orgânica, além de remover satisfatoriamente o nitrato do efluente. Entretanto, assim como no estudo feito por Sampaio et al. (2004), essa espécie não foi eficaz na remoção de amônia que, por ser uma substância tóxica, pode comprometer a qualidade de um corpo receptor, caso seja despejada sem o devido tratamento (SILVA et al., 2013).

O fungo *Aspergillus niger* está entre as espécies do gênero *Aspergillus* capazes de degradar corantes utilizados na indústria têxtil, transformando-os em compostos de baixa ou nenhuma toxicidade, através da produção de enzimas. Rodrigues et al. (2011) realizou um estudo utilizando *Aspergillus niger* em reatores em batelada a fim de avaliar a remoção de corante de um meio sintético. Depois de realizado o estudo, o autor concluiu que a espécie utilizada apresentou eficiência quanto à diminuição da concentração do corante, mas sugere a necessidade da continuidade dos estudos na área para viabilizar a operação do sistema de tratamento.

Lopes et al. (2011) utilizou o fungo *Aspergillus niger* para estudar a capacidade dessa espécie na remoção de nitrogênio e fósforo do efluente de uma indústria de castanha de caju, através de um reator em batelada, acrescido de glicose que, segundo o autor, aumenta a



capacidade de degradação das substâncias citadas. Feitos os experimentos, o autor concluiu que a adição de concentração elevada de glicose resultou em uma maior remoção das substâncias, porém afetou a degradação de fenol, sendo necessária a operação do reator em batelada sequencial, para que o sistema de tratamento seja mais efetivo (LOPES et al., 2011).

Os estudos citados anteriormente demonstram a utilização do fungo *Aspergillus niger* em processos de tratamento de efluentes, porém, apesar de sua eficácia, essa espécie pode apresentar certa desvantagem devido à sua característica de ser uma espécie filamentosa. Os efluentes de processos industriais contêm altas quantidades de carboidratos, favorecendo o crescimento excessivo desse microrganismo, ocasionando o *bulking*, ou intumescimento do lodo, processo em que o lodo é impedido de ser sedimentado, comprometendo todo o tratamento (CORDI et al., 2007).

5 Considerações finais

O aumento da quantidade de indústrias presentes no Brasil gerou um grande volume de efluentes gerados por esses processos, tornando-se necessária a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento e disposição desses efluentes.

Os processos biológicos vêm sendo amplamente utilizados nas indústrias, pois requerem pequenas áreas e possuem um baixo custo de implantação, sendo viável principalmente para as pequenas empresas.

Conforme os estudos abordados no presente trabalho, a utilização do fungo *Aspergillus niger* em sistemas de tratamento de efluentes industriais tem como vantagem a eficiência dessa espécie em degradar a matéria orgânica presente e transformá-las em substâncias mais simples e menos poluentes; entretanto, essa espécie não foi capaz de degradar certas substâncias, como a amônia, necessitando de um tratamento adequado para a retirada dessa substância. Já a desvantagem está relacionada ao tamanho das populações do fungo utilizadas no processo, pois se as mesmas não forem controladas, impedem que o lodo formado seja sedimentado, devido à formação de flocos filamentosos e que podem prejudicar todo o sistema de tratamento. Desse modo, é importante a realização de mais estudos utilizando espécies fúngicas, como o *Aspergillus niger*, a fim de identificar e desenvolver alternativas mais eficazes do emprego dessa e de outras espécies no tratamento de efluentes industriais.

Referências

BENEVIDES, Jorgeana Almeida J.; MARINHO, Glória. Degradação de pesticidas por fungos - uma revisão. **HOLOS**, Natal, v. 2, p. 110-129, 2015. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1488>>. Acesso em: 15 dez. 2015

BRITTO, Jaildes Marques; RANGEL, Maria do Carmo. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.1, p. 114-122, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n1/a23v31n1.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2015.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. 1 ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica, 2009.



CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário Oficial da União República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 mai. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

CORDI, Livia et al. Intumescimento filamentosos no processo de lodos ativados aplicado ao tratamento de soro de queijo: caracterização e uso de floculantes para melhorar a sedimentabilidade. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 2, p. 26-37, 2007. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15941/1/2007AP009.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

COSTA, Livia Martinez Abreu Soares. **Caracterização de isolados de *Aspergillus niger* quanto à produção de ácido cítrico e à expressão de genes da citrato sintase**. 2011. 92 f. Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3140>>. Acesso em: 07 dez. 2015.

FREIRE, Renato Sanches et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, São Paulo, v.23, n.4, p. 504-511, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2650.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

LOPES, Marina Santos da Silva et al. Remoção de macronutrientes de efluente da indústria de castanha de caju por uso de reator aeróbio em batelada com inóculo fúngico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n1/a05v16n1.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

PHILIPPI JR., Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**. 2 ed. Barueri: Manole, 2014.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

RODRIGUES, Kelly de Araujo. **Uso de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética**. 2006. 125 f. Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24102006-093027/pt-br.php>>. Acesso em: 10 dez. 2015.



RODRIGUES, Kelly et al. Remoção de corante por uso de *Aspergillus niger* AN400 em reator em bateladas sequenciais. ***Química Nova***, São Paulo, v. 34, n. 7, p. 1119-1123, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n7/v34n7a03.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

SAMPAIO, Glória Maria Marinho Silva et al. Pós-tratamento de efluente de um reator UASB através de um reator biológico com fungos. ***Engenharia Ambiental e Sanitária***, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 73-81, 2004. Disponível em: < <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v9n1/v9n1a07.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2015.

SANTAELLA, Sandra Tédde et al. Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus niger*. ***Engenharia Ambiental e Sanitária***, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 139-148, 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a15.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

SILVA, Luana Viana Costa. Tratamento de efluente sintético de laticínio em reatores em batelada inoculados com *Aspergillus niger* AN400. ***Engenharia Sanitária e Ambiental***, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 371-380, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n4/1413-4152-esa-18-04-00371.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.