

PRODUÇÃO DE ENZIMAS POR *Aspergillus* spp. ATRAVÉS DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO UTILIZANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO SUBSTRATO

Ywkelly de Lima Alves¹
Felype Thomaz de Brito Rocha²
Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa³
Ana Lucia Figueredo Porto⁴

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo, entretanto, o setor agroindustrial e de alimentos os produzem em quantidades elevadas. Esses resíduos podem apresentar problemas de disposição final e potencial poluente, além de representarem perdas de biomassa e de nutrientes. E o Brasil, por ter sua economia voltada para o agronegócio, gera quantias consideráveis desses resíduos. Portanto, se for empregada uma tecnologia adequada, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas de baixo custo para outros processos, tais como os biotecnológicos, agregando valor aos resíduos (PEREIRA, 2014; ZEN *et al.*, 2014; LIMA, 2019).

Uma das aplicações dos resíduos pode ser a sua utilização como substrato para fermentações em estado sólido para a produção de enzimas. A fermentação em estado sólido (FES) permite o uso de uma variedade de produtos agrícolas e substratos não tradicionais, e se caracteriza pela presença de uma matriz sólida que exige pouca quantidade de água para estabelecer o crescimento fúngico. Além disso, exige meios de cultura simples com baixo risco de contaminação, reduz os efluentes líquidos a tratar, tem a extração das enzimas facilitada pela alta concentração de produtos e baixa demanda no uso de energia. A FES se apresenta como um caminho alternativo para os resíduos gerados e desempenha um papel de destaque no aproveitamento desses e, em virtude do crescimento microbiano, ocorre a síntese de diversos compostos de grande interesse para segmentos industriais. O fator primordial desta fermentação é a utilização de fungos filamentosos (WOICIECHOWSKI *et al.*, 2016; ORLANDELLI, 2012).

Os fungos filamentosos são microrganismos que apresentam grande facilidade de cultivo, elevados níveis de produção enzimática e que secretam um grande número de enzimas extracelulares com elevado potencial para inúmeras aplicações industriais e biotecnológicas (NASCIMENTO *et al.*, 2014). O gênero *Aspergillus* se destaca entre os

¹ Graduanda do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. limaywkelly@gmail.com;

² Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Aplicada a Saúde da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. ftb.rocha@gmail.com;

³ Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. romero_brandao@yahoo.com.br;

⁴ Professora Titular da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. analuporto@yahoo.com.br.

demais por possuir a capacidade de sobreviver sob ampla variedade de condições e produzir enzimas especializadas que podem decompor resíduos agroindustriais em produtos, com satisfatória eficiência nesse processo de conversão (GUSMÃO *et al.*, 2014).

As enzimas de origem microbiana apresentam características peculiares que favorecem seu emprego em diversos processos biotecnológicos (NASCIMENTO *et al.*, 2014). De acordo com Orlandelli (2012) enzimas como as proteases, α -amilase e celulasas são utilizadas na indústria têxtil, além disso, proteases fazem parte da produção de diversos detergentes e uma variedade de outras enzimas são utilizadas na indústria de cosméticos. Diversos estudos mostram a produção de enzimas pelo fungo filamentoso *Aspergillus*, como as lipases através de resíduos da agroindústria como o óleo de dendê, a torta de canola, farelo de cacau e farinha de sementes de mangaba (PENHA *et al.*, 2015; SBARDELOTTO *et al.*, 2013; AMORIM *et al.*, 2012; SOUZA & AQUINO, 2012; COLLA *et al.*, 2012; REINEHR *et al.*, 2016); além de pectinases, proteases, celulasas, glicosidases, peptidases, fitase, invertases e tanase, através de vários resíduos como farelo de trigo, farinha de banana verde, farinha do pedúnculo de caju e da casca do maracujá, soja, soro de leite, café, palma forrageira, etc. (ALCÂNTARA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013; MÉLO *et al.*, 2014; ROCHA, 2018; CAVALCANTE *et al.*, 2018; PARIS *et al.*, 2012; AMARAL *et al.*, 2017; PEREIRA, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014; SCHEUFELE, 2012; ALMEIDA *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2012; CAVALCANTI *et al.*, 2018). Essas enzimas possuem diversas funções no processamento industrial, como exemplo, lipases e/ou proteases são utilizadas na produção de leites e derivados; outras enzimas são empregadas largamente na produção de alimentos e bebidas e na indústria farmacêutica e química. Proteases e amilases estão entre as enzimas mais utilizadas industrialmente; as proteases ocupam o topo da lista do mercado mundial de enzimas microbianas aplicadas industrialmente, seguidas pelas amilases (ORLANDELLI, 2012; COLLA *et al.*, 2012).

Portanto, a descoberta de novos metabólitos de origem microbiana é um desafio que pode trazer benefícios substanciais para os processos biotecnológicos e industriais (ABREU *et al.*, 2015). Por isso, o objetivo deste trabalho foi revisar a literatura científica acerca da utilização dos principais resíduos agroindustriais e o emprego de fungos filamentosos do gênero *Aspergillus* em FES para a obtenção de enzimas através destes.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica. Para tanto, foram realizadas buscas no banco de dados bibliográficos, Google Acadêmico, para identificar artigos relevantes para o estudo, usando-se como palavras-chave para a busca: *Aspergillus*, Fermentação em Estado Sólido (FES), Resíduos Agroindustriais e Enzimas. Os artigos selecionados encontravam-se em língua portuguesa, compreendidos entre o ano de 2012 até 2019. Ao final do levantamento bibliográfico, foram efetivamente utilizados 28 artigos, selecionados conforme a qualidade e relevância com o tema da presente revisão. Alguns critérios de exclusão além desses foram utilizados, focando-se em artigos cujo tema fosse FES, utilizando algum tipo de resíduo agroindustrial e com pelo menos uma espécie de *Aspergillus* sendo empregada para a produção de enzimas de interesse industrial, biotecnológico e econômico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fungos filamentosos são os mais utilizados para a produção de enzimas (WOICIECHOWSKI *et al.*, 2016) e segundo Colla *et al.* (2012) são os microrganismos que possuem o maior potencial de produção de proteases, como também foi constatado na

presente revisão. Outros estudos também apontam que o gênero *Aspergillus*, um fungo filamentososo de grande interesse na produção de enzimas, é considerado um ótimo produtor de enzimas proteolíticas (AMARAL *et al.*, 2017). Gusmão *et al.* (2014) destaca-os como promissores agentes biológicos com aplicação industrial, devido a sua capacidade de transformar uma variedade de substratos em produtos de utilidade industrial, facilidade de cultivo e elevados níveis de produção enzimática (NASCIMENTO *et al.*, 2014; ABREU *et al.*, 2015). Ainda foi apontado como o principal microrganismo utilizado industrialmente para a produção enzimática (SANTANA *et al.*, 2012), sendo capaz de produzir até 19 tipos diferentes de enzimas a depender do substrato utilizado (ALMEIDA *et al.*, 2014).

Dos 28 artigos consultados para a presente revisão, 88,46% deles utilizaram ou falaram do gênero *Aspergillus* como microrganismo principal, dois dentre os 28 não falavam sobre eles. Deve-se destacar que as espécies *A. niger* e *A. oryzae* foram as mais evidenciadas, sendo citadas em 65,38% e 15,38% dos trabalhos, respectivamente. Outros fungos de gêneros diferentes somaram um total de 26,92%. Evidenciando a forte capacidade do gênero para produção de enzimas, em especial a espécie *A. niger*. Além disso, as enzimas mais produzidas por esses foram as lipases (29,62%), seguidas das amilases (25,92%), proteases e celulases (18,51% ambas) e invertases (7,4%), outras somaram um total de (25,92%). Isso demonstra como a pesquisa científica vem estabelecendo a importância do gênero *Aspergillus* em processos de FES utilizando resíduos agroindustriais como principal fonte de substrato para geração de produtos de interesse industrial, tendo potencial para tornar a cadeia produtiva mais sustentável e economicamente viável.

Para tanto, a escolha do processo fermentativo é de suma importância tendo em vista os parâmetros que o cercam. A fermentação em estado sólido (FES) tem como fator primordial a pouca necessidade de água, porque o teor de água ligada a tal matriz está em um nível de atividade de água que assegura o crescimento e metabolismo das células, mas sem excesso, e a existência de uma matriz sólida para estabelecer o crescimento fúngico. Nesse tipo de fermentação os fungos se mostram promissores por possuírem a capacidade de secretar diversos produtos do seu metabolismo no meio (WOICIECHOWSKI, 2016). Colla *et al.* (2012) constataram que os fungos filamentosos apresentam maiores produtividades através da fermentação em estado sólido. Woiciechowski *et al.* (2016) apontam algumas dificuldades relacionadas ao monitoramento dos parâmetros desse tipo de fermentação. Entretanto, a FES ainda é a responsável por gerar elevados rendimentos para a produção de enzimas (FARINAS *et al.*, 2014) e mostrou-se como uma alternativa para o acúmulo de lipídios e proteínas em fungos filamentosos, agregando valor a resíduos agroindustriais e ultrapassando as dificuldades relacionadas ao processo devido ao seu grande benefício (ZEN *et al.*, 2014).

Ademais, tem-se evidenciado a existência de uma íntima relação entre a escolha dos resíduos agroindustriais e a obtenção de determinadas enzimas, isso confirma que diferentes microrganismos se comportam de maneira variada frente a um tipo de fermentação. As enzimas geradas são produtos que se relacionam de maneira direta com o tipo de composição química do resíduo utilizado na fermentação, podendo exibir características, propriedades e utilizações diversas (WOICIECHOWSKI, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, pode-se inferir com base na presente revisão que a utilização de fungos do gênero *Aspergillus* para a produção de enzimas por meio de fermentações em estado sólido, utilizando-se resíduos agroindustriais como substrato, vem se revelando vantajosa sob diferentes aspectos, principalmente, no que tange os diversos benefícios associados ao

desenvolvimento e aplicação de pesquisas que envolvam tais temas. Além disso, o Brasil apresenta alta taxa de importação das enzimas que produz e tem abundante geração de resíduos agroindustriais anualmente (ORLANDELLI, 2012), estes mesmos que podem ser utilizados em fermentações para obtenção dessas enzimas, mostrando assim a grande capacidade do país neste segmento econômico. A utilização de resíduos apresenta ainda um potencial de baratear o custo de produção de enzimas, diminuindo o uso de produtos sintéticos e sendo capazes de recuperar produtos que uma vez seriam descartados no meio ambiente. Ademais, consideráveis números de artigos vêm mostrando que a união desses elementos para a produção de enzimas de interesse industrial tem se estabelecido bem. Ainda, demonstra que *Aspergillus* têm obtido sucesso nesses desenvolvimentos, o que traz novas perspectivas para as aplicações desses conhecimentos teóricos em benefício industrial e econômico, sem restringir ainda, os benefícios ambientais.

REFERÊNCIAS

- 1 LIMA, R. C. F. Produção de enzimas alfa-amilase por *Aspergillus niger* em fermentação no estado sólido utilizando bagaço de malte de cevada. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2019.
- 2 ZEN, K. C. *et al.* Indução da síntese de lipídios e proteínas por *Aspergillus niger*. *Revista CIATEC – UPF*, v. 6, n. 2, p. 40-47, 2014.
- 2 PEREIRA, J. L. Produção de enzimas amilolíticas por *Aspergillus oryzae* através de fermentação em estado sólido. Monografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- 3 WOICIECHOWSKI, A. L. *et al.* Emprego de Resíduos Agroindustriais em Bioprocessos Alimentares. *Biotecnologia de Alimentos*, ed. 1, cap. 6, Editora Atheneu, 2013.
- 4 COLLA, L. M. *et al.* Aplicações e produção de lipases microbianas. *Revista CIATEC – UPF*, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2012.
- 4 NASCIMENTO, K. B. M. *et al.* Utilização de resíduos agroindustriais para produção de tanase por *Aspergillus* sp. isolado do solo da Caatinga de Pernambuco, Brasil. *E-xacta*, v. 7, n. 1, p. 95-103, 2014.
- 5 SANTANA, M. Produção de enzimas amilolíticas através da fermentação em estado sólido. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.
- 6 ABREU, J. A. S. *et al.* Fungos de interesse: aplicações biotecnológicas. *Revista Uningá Review*, v. 21, n. 1, p. 55-59, 2015.
- 7 GUSMÃO, R. O. *et al.* Produção de enzimas por *Aspergillus* spp. sob fermentação em estado sólido em casca de café. *Scientia Plena*, v. 10, n. 11, 2014.
- 8 ALMEIDA, E. S. *et al.* Uma breve revisão sistemática da literatura sobre a produção de invertase por fermentação em estado sólido. *Revista Saúde e Ciência*, v. 3, n. 3, p. 94-106, 2014.
- 9 FARINAS, C. S. *et al.* Desenvolvimento em fermentação em estado sólido para produção de enzimas de interesse agroindustrial. *Embrapa*, cap. 7, 2014.
- 10 SANTANA, M. *et al.* Produção de amiloglucosidase utilizando como substrato a palma forrageira. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 1, p. 188-193, 2012.
- 11 ORLANDELLI, R. C. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. *SaBios: Revista de Saúde e Biologia*, v. 7, n. 3, p. 97-109, 2012.
- 12 PENHA, E. M. *et al.* Aproveitamento de resíduos da agroindústria do óleo de dendê para a produção de lipase por *Aspergillus niger*. *Ciência Rural*, v. 46, n. 4, 2015.
- 13 SBARDELLOTTO, M. *et al.* Avaliação da produção de lipase microbiana a partir de *Aspergillus* sp., utilizando torta de canola como substrato. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, v. 2, n. 3, p. 293-296, 2013.

- [14](#) AMORIM, G. M. *et al.* Fermentação de farelo de cacau por *Aspergillus niger* para obtenção de lipase. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 8, n. 1, p. 24-27, 2012.
- [15](#) SOUZA, F. M. & AQUINO, L. C. L. Potencial da farinha de sementes de mangaba para a produção de lipase de *Aspergillus niger*: Influência da temperatura e umidade no processo. *Scientia Plena*, v. 8, n. 12, 2012.
- [16](#) REINEHR, C. O. *et al.* Produção de lipases com atividade de hidrólise por *Aspergillus* utilizando subprodutos agroindustriais, óleo de soja e glicerol. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 18, n. 1, 2016.
- [17](#) ALCÂNTARA, S. R. *et al.* Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca de maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 14, n. Especial, p. 473-478, 2012.
- [18](#) SANTOS, T. C. *et al.* *Aspergillus niger* como produtor de enzimas celulolíticas a partir farelo de cacau (*Theobroma cacao*). *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 80, n. 1, 2013.
- [19](#) MÉLO, B. C. A. *et al.* Avaliação do resíduo agroindustrial de acerola para a produção de celulases por fermentação em estado sólido. *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, v. 1, n. 2, p. 2041-2048, 2015.
- [20](#) CAVALCANTE, P. A. W. *et al.* Utilização de resíduos lignocelulósicos na produção de celulases por *Aspergillus niger* em fermentação em estado sólido. *Scientia Plena*, v. 14, n. 6, 2018.
- [23](#) PARIS, L. D. *et al.* Produção de complexos enzimáticos por *Aspergillus niger* a partir de soja por fermentação em estado sólido. *Acta Scientiarum Technology*. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, v. 34, n. 2, p. 193-200, 2012.
- [24](#) AMARAL, F. A. P. C. *et al.* Produção de protease por *Aspergillus niger* (SIS 18) em meios contendo resíduos agroindustriais utilizando planejamento fatorial. *Engevista*, v. 19, n. 5, p. 1320-1339, 2017.
- [25](#) SCHEUFELE, F. B. Bioconversão de resíduos agroindustriais por microrganismos do bioma amazônico produtores de enzimas lignocelulolíticas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012.
- [26](#) LIMA, M. B. *et al.* Produção de fitase por fermentação em estado sólido utilizando farelo de arroz e *Aspergillus niger* e *Aspergillus oryzae*. *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, v. 1, n. 2, p. 2105-2112, 2015.
- [27](#) ROCHA, F. T. B. Produção e purificação de protease obtida do fungo filamentosso *Aspergillus sydowii* por fermentação em estado sólido utilizando resíduo de café como substrato. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.
- [28](#) CAVALCANTI, R. M. F. *et al.* Produção e caracterização parcial de tanase pelo fungo endofítico *Aspergillus niger* ANG 18 em fermentação em estado sólido. *Revista Saúde e Ciência*, v. 7, n. 2, 2018.