



Revisão bibliográfica: Avaliação do crescimento dos fungos em fibras naturais da indústria têxtil para produção de biocompósitos.

GROWTH VALUATION OF FUNGI IN NATURAL FIBERS FROM THE TEXTILE INDUSTRY FOR BIO-COMPOSITES PRODUCTION. A REVIEW

Leandro Inagaki Oshiro*, Eduardo Bittencourt Sydney†.

RESUMO

As pesquisas acerca dos biocompósitos e materiais a base de micélio e de fungos têm se tornado cada vez mais relevantes conforme a importância no desenvolvimento de novos materiais sustentáveis vêm aumentando no mundo. No presente trabalho foi realizado uma revisão bibliográfica na plataforma 'MENDELEY' para um levantamento de uma metodologia geral de produção desses materiais feitos com os fungos dos gêneros *Ganoderma* sp., *Pleurotus* sp. e *Trametes* sp., utilizando fibras naturais e resíduos vegetais na produção do algodão, linho, juta e cânhamo. Foram analisados 7.670 artigos do ano de 2013 até 2021 e levantados 6 principais autores. A metodologia geral levantada, se dá pelas seguintes etapas principais: (i) preparação do inóculo, (ii) preparo do substrato, (iii) esterilização, (iv) inoculação, (v) acondicionamento em moldes, (vi) incubação, (vii) tratamento térmico e (viii) pós-processamento.

Palavras-chave: biocompósito, fungos, fibras naturais, micélio.

ABSTRACT

*Research on biocomposites and materials based on mycelium and fungi has become increasingly relevant as the importance in the development of new sustainable materials is increasing in the world. In the present work, a literature review was carried out on the 'MENDELEY' platform to survey a general methodology for the production of these materials made with fungi of the genera *Ganoderma* sp., *Pleurotus* sp. and *Trametes* sp., using natural fibers and plant residues in the production of cotton, flax, jute and hemp. 7,670 articles from 2013 to 2021 were analyzed and 6 main authors were surveyed. The general methodology raised is based on the following main steps: (i) inoculum preparation, (ii) substrate preparation, (iii) sterilization, (iv) inoculation, (v) packaging in molds, (vi) incubation, (vii) heat treatment and (viii) post-processing.*

Keywords: biocomposite, fungi, natural fibers, mycelium.

1 INTRODUÇÃO

A nos depararmos com os danos causados à natureza devido às extrações de matérias primas e o descarte inapropriado de materiais no fim de seu ciclo de vida, muitos setores, empresas e até política estão dando cada vez mais importância para estratégias de economias circulares e geração de soluções sustentáveis. Ao invés de extrair matérias primas os quais geram impactos ambientais negativos e resíduos no seu processamento.

* Bacharelado em Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; leandroinagakioshiro@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa (Ponta Grossa); eduardosydney@utfpr.edu.br

Segundo a Elsacker (2021), podemos “crescer” materiais utilizando como base, resíduos vegetais da agroindústria, esses materiais que são “crescidos” são chamados de biocompósitos.

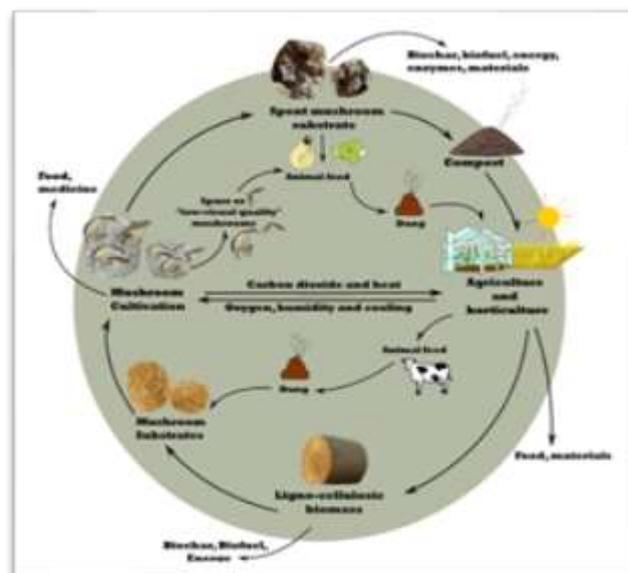
“Os biocompósitos consistem em um conjunto de aglomerados de fibras naturais os quais são colados por uma liga natural. Graças as suas características de serem de base renovável e ter baixa densidade, as fibras naturais têm sido usadas em várias aplicações nas indústrias nas duas últimas décadas. Certamente as fibras naturais podem substituir a fibra de vidro e materiais sintéticos usados na indústria automotiva, aeronáutica, papel, têxtil e construção civil” (ELSACKER, p. 19, 2021)

A geração de valor na utilização dos resíduos vegetais se torna um ponto estratégico, visto que esses materiais ainda possuem um baixo valor agregado pelas vantagens de na sua utilização e potenciais tecnologias empregadas para desenvolvimento de produtos diversos. Apesar do desenvolvimento de tecnologias para utilização desses resíduos vegetais, de acordo com Cacuro e Waldman (2015), a usual destinação dos resíduos agrícolas, geralmente é a queima, sendo que na produção da cana de açúcar cerca de 95% do bagaço é utilizada como combustível para fornalhas para abastecimento de energia e calor na indústria.

O biocompósito de base fúngica, utiliza o fungo como agregador de partículas. De acordo com Nwe et al. (2011) e Haneef et al. (2017), de modo geral, os fungos filamentosos permeiam o substrato, envolvendo as partículas com as hifas, por meio de pressão física e secreção enzimática, absorvendo nutrientes de fontes de carbono, nitrogênio e outros materiais que são utilizados para o crescimento celular. O carbono é um dos componentes principais para o fungo por que é utilizado para a formação da parede celular, composta principalmente por quitina, glucanos e proteínas. Quanto à produção de quitina, Ross et al. (2018) descreve que além de aparecer na parede celular principalmente dos fungos filamentosos, também é um dos principais componentes do exoesqueleto de crustáceos e insetos, o que dá a propriedade de resistência e durabilidade.

A destinação dos resíduos vegetais para a produção de biocompósito de base fúngica, pode ser inserido em como um elo de fechamento de um processo para uma economia circular, envolvendo toda a cadeia produtiva do agronegócio, levando em consideração a similaridade já existente para produção de cogumelos comestíveis e medicinais conforme explicado por Grimm e Wosten (2018) na figura 1.

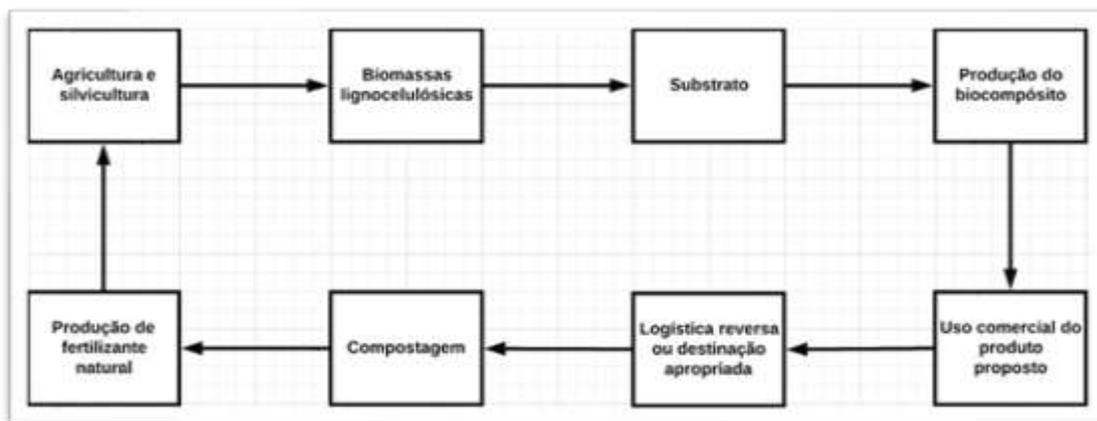
Figura 1. Economia circular na cadeia produtiva do cogumelo.



Fonte: GRIMM (2018).

Ao utilizar fungos para crescimento em resíduos vegetais para geração de um biocompósito pode se tornar uma solução baseada em uma economia circular, bem como proposto por Grimm (2018). Portanto a figura 2 mostra como o biocompósito possa ser inserido na economia circular:

Figura 2. Fluxograma de uma economia circular.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A justificativa geral para o uso desse biocompósito envolve o fato de haver uma destinação mais adequada para a crescente biomassa gerada na agricultura do Brasil (IBGE, 2019) e uma diminuição de emissão de gases para atmosfera pela queima de biomassas, salientada por Cacuro (2015), culminando à geração de um biocompósito sustentável, como mostra Zeller et al. (2012), com propriedades úteis para o mercado explicitado pela patente de Ross (2018), substituindo materiais de fontes não renováveis.

Segundo o plano de trabalho proposto pelo autor e pelo orientador ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) o objetivo geral do trabalho era realizar a avaliação do crescimento do fungo *G. Lucidum*, em fibras naturais e sintéticos da indústria têxtil, entretanto, devido ao impeditivo desse desenvolvimento pela pandemia do COVID-19 houve uma adaptação do trabalho desenvolvido.

O objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão bibliográfica, focando para os principais resíduos vegetais gerados na indústria têxtil e avaliar o crescimento de diversas espécies de fungos e metodologias para produção de biocompósitos.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

A obtenção de dados para a presente pesquisa, seguiu a metodologia apresentada pelo Conforto (2011), o qual seguiu os seguintes passos: (i) Determinação do tema do trabalho; (ii) Objetivos Gerais; (iii) Tema a ser revisado; (iv) Palavras chaves de acordo com o Tema; (v) Listagem de mecanismos de busca; (vi) Leitura dos títulos e resumos; (vii) Leitura das introduções e conclusões; (viii) Leitura completa; (ix) Seleções com o tema abordado [nos itens ‘vi’, ‘vii’ e ‘viii’]; (x) Catalogar; (xi) Compilação de Resultados; e (xii) Discussão.

Ao levantamento dos artigos selecionados de acordo com os objetivos gerais e específicos da pesquisa, trazendo metodologias diversas e complementares de autores, além do levantamento de uma metodologia geral para produção do biocompósito fúngico, utilizando resíduos vegetais gerados na indústria têxtil.

O estudo foi realizado utilizando como ferramenta de pesquisa a plataforma 'MENDLEY', além de pesquisas na plataforma 'Google patents' utilizando palavras chaves da língua inglesa com a finalidade de ampliar o espectro de pesquisa, como: '*fungi materials*', '*mycelium materials*' e '*mycelium composite*', verificando os tipos de resíduos mais utilizados, metodologias de fabricação e espécies de fungos.

3 RESULTADOS

De acordo com o levantamento realizado utilizando as palavras chaves: '*fungi materials*', '*mycelium materials*' e '*mycelium composite*' na plataforma 'MENDELEY', resultou em 7.670 artigos do ano de 2013 até 2021 de acordo com o gráfico 1.

Gráfico 1 - Número de resultados na plataforma MENDELEY para as palavras chaves '*fungi materials*', '*mycelium materials*' e '*mycelium composite*'.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após a pesquisa entorno dessas palavras chaves, foi restringido para os fungos mais comuns para a biobabrição, das espécies de *Ganoderma* sp., *Pleurotus* sp. e *Trametes* sp., além da restrição dos fungos, o trabalho foi delimitado para as fibras naturais de origem vegetal mais comuns utilizados na indústria têxtil, como a juta, linho, cânhamo e algodão.

Foram levantados 6 autores, os quais citam a metodologia de produção de biocompósitos utilizando resíduos vegetais e fibras naturais da indústria têxtil;

Tabela 1 - Levantamento das espécies de fungos, substratos, processamento utilizado pelas referências utilizadas.

Espécie de fungo	Substrato	Condições de crescimento	Secagem e inativação do fungo	Método de esterilização	Aplicação	Referência
Não especificado	Fibra de algodão, fibra de cânhamo	Não especificado	Forno a 110°C por 24hrs	Não especificado	Núcleo de placas tipo sanduiche	(Ziegler <i>et al.</i> , 2016)



<i>T. versicolor</i> e <i>P. ostreatus</i>	Resíduos, fibras, tecido de cânhamo e cepilho de madeira	Escuro, de 90% a 100% de umidade relativa com alta taxa de CO ₂	Forno a 125°C por 2hrs	Cozimento a 100°C por 100 min, ou 0,3% de peróxido de hidrogênio	“Espuma”	(Lelivelt <i>et al.</i> , 2015)
<i>Ganoderma</i> sp.	Resíduo da flor de algodão	21°C por 5 dias	Forno de convecção a 60°C por 8hrs	Autoclavado a 115°C por 28min	Material para embalagem	(Holt <i>et al.</i> , 2012)
Não especificado, desenvolvido pela Ecovative Design, LLC	Fibras de juta, linho e celulose	24°C por 4 dias	Forno de 82°C por 12hrs e 93° por 8hrs	Solução de 10% de peróxido de hidrogênio	Núcleo de placas tipo sanduiche	(Jiang <i>et al.</i> , 2017)
<i>Oyster</i> sp.	Casca de semente de algodão	Escuro, ambiente úmido, com ventilação por 5 a 7 dias	Secagem em forno	Não especificado	Placas de construção	(He <i>et al.</i> , 2014)
Não especificado, desenvolvido pela Ecovative Design, LLC	Tecido de juta e fibras naturais, resíduos vegetais da juta	Temperatura não especificada, por 5 a 7 dias	Secagem em fornos diversos sem especificações	Não especificado	Núcleo de placas tipo sanduiche	(Jiang <i>et al.</i> , 2013)

Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Portanto de acordo com os parâmetros similares com os autores pesquisados, de forma geral o processo de produção do biocompósito fúngico se dá pelas seguintes etapas principais: (i)Crescimento micelial de fungos filamentosos em cultivos sólidos em grãos, em placas de ágar ou em soluções líquidas; (ii)O substrato é preparado e esterilizado por esterilização química ou térmica para prevenir contaminações durante a colonização do substrato pelos fungos; (iii)O substrato estéril é inoculado com quantidade específica de micélio; (iv)O substrato é colocado em um molde esterilizado de formato específico de acordo com o produto desejado; (vii)O molde é selado com um filme que permite troca de ar com o ambiente; (viii)O molde é colocado em um ambiente controlado para o micélio crescer no substrato em um tempo desejável; (ix)O material é retirado dos moldes e sofre tratamentos térmicos para a secagem e inativação do fungo; (x)O processo pode parar na etapa anterior, mas alguns autores fazem o pós processamento, para melhorar as características do material.

Determinado esses passos para a fabricação desses materiais, para pesquisas futuras a cerca desse tema: (a) validar laboratorialmente os procedimentos, (b)as condições de formulação, (c) esterilização, (d) cultivo e



(e) pós processamento especificados para os fungos e resíduos levantados no presente trabalho. Essa pesquisa abre possibilidades de desenvolvimento de novas tecnologias e produtos sustentáveis para o mercado.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela bolsa de pesquisa de Iniciação Científica, ao professor Eduardo Bittencour Sydney pela orientação e parceria em diversos trabalhos, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por todo apoio no desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. **Cinzas Da Queima De Biomassa: Aplicações E Potencialidades**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 6, p. 2154–2165, jul. 2015.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72415>>. Acessado no dia 05/09/2021.
- ZELLER, P.; ZOCHER, D. **Celandine Poppy Growing In Ecocradle Compost**. FUNGI, v. 5, p. 51–56, 2012.
- MENDELEY, <https://www.mendeley.com/?interaction_required=true>, Acessado em 2021.
- GOOGLE PATENTS, <<https://www.google.com.br/?tbs=pts>>. Acessado em 2021.
- ROSS, P.; WENNER, N.; MOORLEGHEN, C. **Objects Made From Fungal Materials**, US, 2018.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. **Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: Aplicação no Desenvolvimento de Produtos e Gerenciamento de Projetos**. Porto Alegre, Congresso brasileiro de gestão e desenvolvimento de produto, RS, 2011.
- ZIEGLER, A. R.; BAJWA, S. G.; HOLT, G. A.; MCINTYRE, G.; BAJWA D. S. **Evaluation of physico-mechanical properties of mycelium reinforced green biocomposites made from cellulosic fibers**. American Society of Agricultural and Biological Engineers, US, 2016.
- LELIVELT, R. J. J.; LINDNER, G.; TEUFFEL, P. M.; LAMERS, H. M. **The production process and compressive strength of Mycelium-based materials**. Clermont-Ferrand, França, In *First International Conference on Bio-based Building Materials*, 2015.
- HOLT, G. A.; MCINTYRE, G.; FLAGG, D.; BAYER, E.; WANJURA, J. D.; PELLETIER, M. G., **Fungal Mycelium and Cotton Plant Materials in the Manufacture of Biodegradable Molded Packaging Material: Evaluation Study of Select Blends of Cotton Byproducts**. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* 6, p.431–439, USA, 2012.
- JIANG, L.; WALCZYK, D.; MOONEY, L.; PUTNEY, S., **Manufacturing of mycelium-based biocomposites**. *SAMPE Conference*, Long Beach, USA, p. 6–9, 2013.
- HE, J.; CHENG, C. M.; SU, D. G.; ZHONG, M. F. **Study on the Mechanical Properties of the Latex-Mycelium Composite**. *Applied Mechanics and Materials* 507, 415–420, 2014.
- JIANG, L.; WALCZYK, D.; MCINTYRE, G.; BUCINELL, R.; TUDRYN, G. **Manufacturing of biocomposite sandwich structures using mycelium-bound cores and preforms**. *Journal of Manufacturing Processes* 28. p. 50–59, 2017.