REVISÃO DA LITERATURA SOBRE COMPÓSITOS DE MICÉLIO: ANÁLISE DE DIFERENÇAS, APLICAÇÕES E PROPRIEDADES

LITERATURE REVIEW ON MYCELIUM COMPOSITES: ANALYSIS OF DIFFERENCES, APPLICATIONS, AND PROPERTIES

Joyce de Deus Pires Teixeira[1]; Lucas Rosse Caldas[2].

[1]Mestre | joyce.teixeira@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[2]Pós-doutor | lucas.caldas@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
Compósitos à base de micélio são biodegradáveis, com potencial de baixo impacto ambiental e podem ser uma alternativa a soluções convencionais na construção civil. A fim de compreender os diferentes modos de produção e os ensaios realizados na produção dos compósitos de micélio, foi feita uma revisão sistemática da literatura por meio do mapeamento de artigos publicados nos últimos cinco anos. Os resultados foram compilados em uma tabela síntese, indicando o resíduo e espécie fúngica utilizados, tipo de elemento produzido e os ensaios realizados de acordo com cada autor e ano correspondentes. Os resultados demonstram que as espécies fúngicas *Pleurotus ostreatus* e *Trametes versicolor*, juntamente com os resíduos de cânhamo e serragem de madeira, foram os mais utilizados nesses estudos. A relevância desta pesquisa se justifica principalmente por estudar um material alternativo, que possui ainda pouca informação científica acerca do seu desenvolvimento e das suas aplicações construtivas, especialmente quando consideramos o contexto brasileiro e de outros países do Sul Global.

Palavras-chave:
Compósito de micélio; concreto de micélio; construção civil; arquitetura sustentável; revisão da literatura.

Abstract:
Mycelium-based composites are biodegradable, have low environmental impact and can be an alternative to conventional solutions in civil construction. To understand the different production methods and tests performed in the production of mycelium composites, a systematic review of the literature was carried out by mapping articles published in the last five years. The results were compiled in a summary table, indicating the residue and fungal species used, type of element produced, and the tests performed according to each author and corresponding year. The results demonstrate that the fungal species *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor*, together with hemp residues and wood sawdust, were the most used in these studies. The relevance of this research is mainly justified by the fact that it studies an alternative material, for which there is still little scientific information about its development and construction applications, especially when we consider the Brazilian context and other countries of the Global South.

Keywords:
Mycelium composite; mycelium concrete; civil construction; sustainable architecture; literature review.

1. INTRODUÇÃO

Pelo relatório do *Global Buildings Climate Tracker* (IEA, UNEP, 2022), a indústria da construção é responsável por 37% da energia operacional global e de emissões de CO_2, dos quais 9% correspondem à fabricação de materiais convencionais como concreto, alumínio, aço, vidro e tijolo. Este intenso consumo está relacionado ao processo produtivo desses materiais e influenciam em diversos impactos ambientais (Caldas *et al*., 2016).

Como forma de racionalização no setor de edificações, surgiram nos últimos anos, alternativas com menor consumo de recursos e geração de resíduos, como é o caso do micélio, um isolante térmico, desenvolvido a partir do crescimento de fungos filamentosos.

Segundo Jones *et al.* (2020), o micélio é um material biológico que possui muitas vantagens, se destacando pelo seu baixo custo, a partir da utilização de resíduos agrícolas e, pelo seu potencial de baixo impacto ambiental ao consumir menos energia elétrica em sua produção. Além disso, são bons isolantes térmicos e acústicos, resistentes ao fogo, e se moldam a geometrias mais complexas (Sihombing *et al*., 2024).

Além disso, são biodegradáveis, podendo ao final de sua vida útil, retornarem para composteiras, contribuindo com a economia circular, se mostrando como uma nova possibilidade para a construção sustentável (Teixeira *et al.,* 2024).

Estruturalmente, o micélio é constituído por uma densa rede tridimensional de filamentos finos, tubulares e ramificados, denominados hifas (ilustrados na Figura 1). Estes filamentos crescem através de extensão apical e ramificação repetida, permitindo ao micélio explorar e colonizar o meio orgânico no qual o fungo se desenvolve (Barta *et al*., 2024). O micélio vegetativo, indicado na Figura 1, desempenha um papel importante no suporte estrutural e na absorção de nutrientes. Em contraste, o micélio reprodutivo, distinguido pela presença de um corpo de frutificação (o cogumelo), é responsável pela reprodução fúngica (Leite, Esposito, 2010).

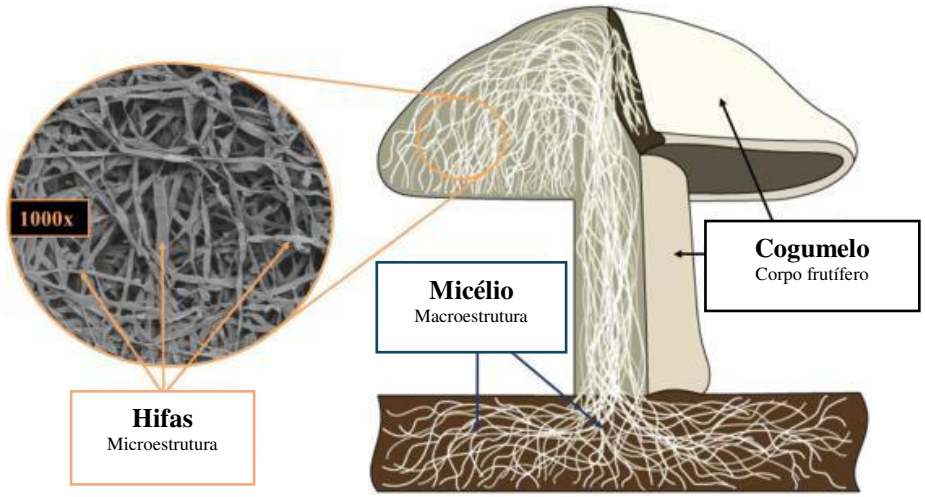


Figura 1: Diagrama da secção transversal de um cogumelo, mostrando o micélio vegetativo formado por hifas.
Fonte: Hotz *et al.* (2023).

Dessa forma, o principal objetivo deste estudo é compreender, a partir de uma revisão sistemática da literatura, os diferentes modos de produção e os ensaios realizados na produção dos compósitos de micélio. A relevância desta pesquisa se justifica principalmente por estudar um material alternativo, que possui ainda pouca informação científica acerca do seu desenvolvimento e das suas aplicações construtivas, especialmente quando consideramos o contexto brasileiro e de outros países do Sul Global.

2. MÉTODO

A fim de identificar o histórico do desenvolvimento e do uso de compósitos fúngicos na área de materiais e construção civil, foi feita uma revisão sistemática da literatura (RSL) de artigos científicos na língua inglesa dos últimos cinco anos (2020 a 2025), na base de dados *Scopus*, na qual estão indexadas algumas das revistas mais relevantes mundialmente.

O método adotado pela RSL começou pela definição de uma questão, que deveria ser respondida pela literatura. Em seguida, foram elencados as palavras-chave e os critérios de exclusão da busca para filtrar os artigos que não respondiam à questão da pesquisa.

Assim, de acordo com os critérios da Figura 2, a questão da pesquisa foi definida por: "Como produzir compósitos de micélio mais resistentes?". A seguir, a primeira busca foi feita utilizando as seguintes palavras-chave*: "mycelium" and "composites" and "building"* e, posteriormente, uma segunda busca foi realizada com os termos*: "mycelium" and "concrete*". Foram considerados apenas os artigos publicados em revistas científicas, excluindo dissertações, teses e capítulos de livros. Para a seleção dos artigos relevantes foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (i) artigos em inglês; (ii) nas áreas de conhecimento de engenharia, ciências sociais e ciência dos materiais; (iii) durante o período de 2020 a 2025; (iv) que apresentassem no título ou resumo ou artigo completo, a questão da pesquisa.

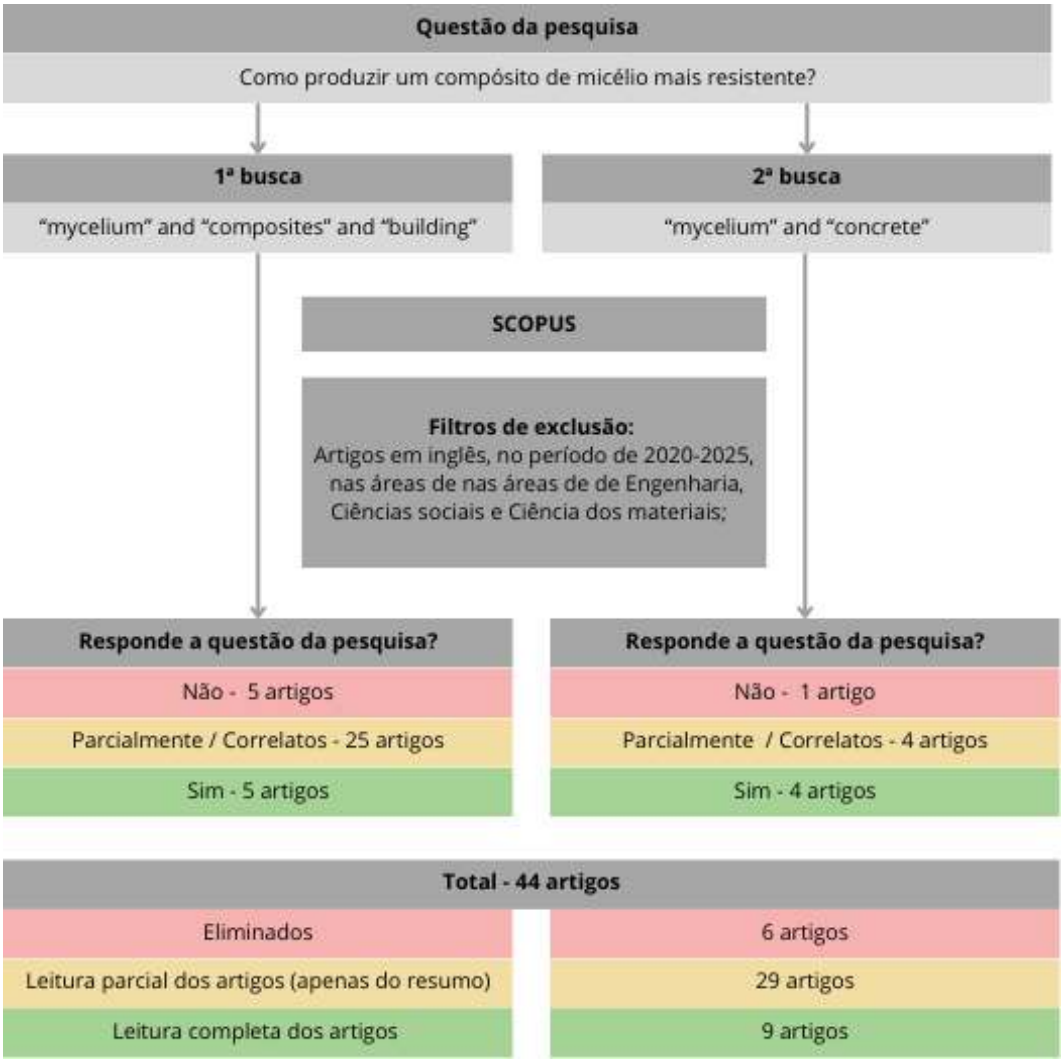


Figura 2: Critérios de busca da Revisão Sistemática da Literatura.
Fonte: Os autores (2025).

Dessa forma, a primeira busca resultou em 35 artigos e a segunda em nove artigos (já excluindo os duplicados), resultando em 44 pesquisas, no total. Após a leitura parcial dos artigos e uma análise qualitativa do conteúdo, seis foram descartados por não estarem relacionados com o tema em questão e 29 foram classificados como “correlatos”, ou seja, apresentavam diferentes aplicações do material, no entanto, não respondiam à questão proposta. Ressalta-se que dos artigos classificados como correlatos:

(i) um artigo mencionava construções fora da Terra;

(ii) dois artigos estavam relacionados ao processo de autocura de fissuras;

(iii) quatro artigos descreviam a aplicação do material utilizando fabricação digital (impressão 3D) ou robótica;

(iv) nove artigos indicavam estudos por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV);

(v) 13 artigos relatavam o modo de produção para blocos ou painéis de isolamento térmico.

Por fim, nove artigos foram selecionados para leitura completa e analisados posteriormente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. MODO DE PRODUÇÃO, COMPOSIÇÕES E APLICAÇÕES

O modo de produção dos compósitos de micélio variou muito em cada estudo devido ao resíduo, espécie fúngica utilizada e aplicação desejada. Dessa forma, foi elaborado um resumo do processo de produção realizado nos principais estudos, como demonstrado na Figura 3.

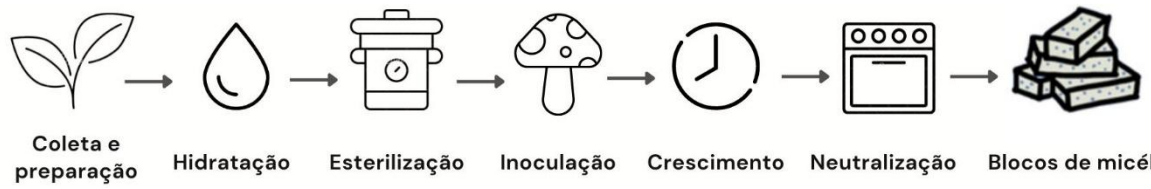


Figura 3: Modo de produção mais citado pelos autores.
Fonte: Bagheriehnajjar, Yousefpour, Rahimnejad (2023); Zhang *et al.* (2023); Lingam *et al*. (2023); Saez *et al.* (2022); Özdemir *et al.* (2022).

Em síntese, após a escolha dos resíduos, o material é embebido em água destilada, sofrendo o processo de hidratação, sendo esta primeira etapa, primordial para o crescimento fúngico. Depois desse processo, o material é despejado em moldes (com formato da geometria desejada) e é esterilizado junto com os moldes, por meio de uma autoclave, para remoção de bactérias e outros microrganismos existentes.

Em seguida, a etapa de inoculação, em que o resíduo é misturado com a espécie fúngica escolhida. Então, o material é armazenado por um período de crescimento de 14 a 40 dias (a depender da espécie, do resíduo utilizado e da temperatura mantida). Em seguida, os compósitos podem ser removidos dos moldes e prensados a quente ou secos em estufa, para neutralizar o crescimento fúngico, endurecendo o material (Teixeira *et al.* 2024).

Em relação a composição dos materiais (Gráfico 1), a partir da leitura dos artigos selecionados, pode-se perceber que os resíduos mais citados foram: grama (9%), fibra de bambu (9%), palha (9%), aparas de madeira (9%), pó de madeira (9%), fibra celulose (9%), cânhamo (18%) e serragem de madeira (28%). Já em relação as espécies fúngicas mais utilizadas nos estudos aparecem: *Pleurotus ostreatus* em sua maioria com 50%, seguidos pelo *Trametes versicolor* (com 25%) e outras espécies (com 25%).

As propriedades (térmicas, mecânicas e hídricas) do compósito são determinadas pela escolha do resíduo orgânico e da espécie fúngica. Dessa forma, quanto mais celulose presente no resíduo, mais fácil será a sua degradação pelo fungo. A espécie *Trametes versicolor* é capaz de degradar compostos complexos como a lignina, bem como certos contaminantes industriais. Em contrapartida, o *Pleurotus ostreatus* adicionado de dextrose (substrato à base de celulose) é capaz de fornecer mais elasticidade aos compósitos (Zimele *et al,* 2020).

Além disso, a fim de melhorar as propriedades dos compósitos, alguns aditivos foram adicionados nesses estudos, como:

(i) AKD, substância utilizada para aumentar a hidrofobicidade e durabilidade de compósitos de base biológica, e na capacidade de resistência ao crescimento de mofo (Song *et al.* 2025)

(ii) farinha de trigo como fonte adicional de proteína para o crescimento do micélio (Sihombing *et al*.,2024);

(iii) cal, utilizada para ajustar o nível de PH da mistura (Sihombing *et al*.,2024);

(iv) casca de psyllium, para adicionar mais nutrientes ao micélio (Ghazvinian *et al*., 2022)

(v) casca de bétula, para reduzir as propriedades mecânicas e térmicas, bem como o desempenho ao fogo (Irbe *et al.,* 2024)

No entanto, pelo estudo de Zimele *et al.* (2020), observa-se que a composição do resíduo (ou mistura de resíduos) e da espécie fúngica já são suficientes para melhorar a resistência mecânica dos compósitos. Em sua pesquisa, encontraram os seguintes resultados para densidade (134k/m³ para cânhamo e 179kg/m³ para madeira), para resistência à flexão (0,16 MPa para cânhamo e 0,11 MPa para madeira) e para resistência à compressão (0,36 MPa para cânhamo e 0,52 MPa para madeira). Esses valores foram melhores em comparação ao compósito fabricado pela *Ecovative Design* e pelo painel da *CEWOOD*. Além disso, os compósitos foram considerados biossorventes (absorventes biológicos) e biodegradáveis.

Irbe *et al.* (2024) também analisou a resistência à flexão de seus compósitos, obtendo uma média de 0,26 MPa. Em relação ao módulo de elasticidade, alcançaram uma média de 10,25 MPa, e para densidade uma média de 184 kg/m³. Esses dados encontram-se em conformidade com os valores encontrados na literatura para contextualização (Zimele *et al.,* 2020; Teixeira *et al.,* 2025).

Outros estudos optaram pela busca de geometrias mais complexas, desenvolvendo um elemento que permitisse uma melhora térmica ou mecânica dos compósitos, como no estudo de Soh *et al*. (2025) que criaram uma espécie de placa hexagonal rugosa (Figura 4), com capacidade de acelerar a perda de calor entre os ambientes. Os resultados demonstraram um aumento na taxa de resfriamento em 20% quando usados em suas respectivas orientações efetivas.



Figura 4: Placa hexagonal rugosa utilizada na simulação do estudo.
Fonte: Soh *et al*. (2025).

Adicionalmente, Ghazvinian *et al.* (2022) elaboraram um método computacional para gerar componentes estruturados por compressão, visando facilitar o uso do micélio, que é um material que possui propriedades mecânicas mais fracas (Soh *et al.,* 2025). Nesse sentido, a equipe projetou o MycoCreate 2.0 (Figura 5), uma estrutura espacial com componentes de suporte de carga feitos de compósitos à base de micélio, construída para uma exposição de Edifícios de Biomateriais, em 2022, na Universidade da Virgínia. Inicialmente, o principal desafio foi em relação a contaminação (porque usaram moldes não esterilizados), no entanto, depois exploraram os aspectos estruturais dos compósitos (de compactação e biodegradabilidade) com auxílio da fabricação digital para confecção dos moldes.



Figura 5: MycoCreate 2.0.
Fonte: Ghazvinian *et al.* (2022).

O estudo de Sihombing *et al.* (2024) também buscou melhorar a resistência mecânica dos compósitos e desenvolveram um tijolo para pavimentação. Assim, o biocompósito produzido (de serragem) apresentou bons resultados, com uma resistência à compressão de 12,37 MPa que se enquadra na faixa dos tijolos de pavimentação leves e é superior aos tijolos de pavimentação vermelhos.

Para uma outra aplicação, Ahmed *et al.* (2024) exploram a viabilidade do uso de águas residuais industriais (ETAR), gerado pelo tratamento com micélio, para a fabricação de tijolos de argila leves e isolantes. Seus resultados demonstraram que a densidade, a resistência à compressão e a condutividade térmica foram reduzidas à medida que a razão de substituição por ETAR aumentou, atingindo até 1.662,9 kg/m3, 11,56 MPa e 0,19 W/m.K, respectivamente, quando utilizado 20% de ETAR.

3.2. PRINCIPAIS RESULTADOS

A seguir, foram compiladas as principais informações contidas nos nove artigos, em uma tabela síntese (Tabela 1), indicando o resíduo e espécie fúngica utilizados, tipo de elemento produzido e quais ensaios foram realizados, de acordo com cada autor e ano correspondentes.

Autor, ano	Resíduo + Espécie Fúngica	Elemento	Diferencial	Ensaios realizados
Song *et al.* (2025)	Biomassa de grama, linho e palha + micélio (espécie não especificada)	Compósitos de 15x10x6cm	Adição de AKD (aditivo que aumenta a hidrofobicidade)	Teste Higroscópico, condutividade térmica e avaliação de risco de crescimento de mofo
Soh *et al*. (2025)	Fibras de bambu, aveia e água + micélio *Pleurotus ostreatus*	Placa hexagonal isolante	Formato da placa com textura rugosa	Densidade, condutividade térmica e MEV
Ghazvinian *et al.* (2022)	Serragem e palha + micélio *Pleurotus ostreatus*	Componentes para um protótipo (MycoCreate 2.0) de uma exposição	Criação de formas funiculares, baseadas em componentes que funcionam sob compressão + Adição de casca de psyllium	x
Zimele *et al*. (2020)	Aparas de madeira nobre e farpas de cânhamo + micélio *Trametes versicolor*	Compósitos (tamanhos variaram de acordo com cada teste)	A composição de resíduos e utilização de uma espécie fúngica diferente	Densidade, Resistência à flexão, à compressão Absorção de água e Biodegradação
Irbe *et al*. (2024)	Cânhamo, Serragem de bétula, fibras residuais, pó de lixamento de bétula + micélio *Trametes versicolor*	Compósitos (tamanhos variaram de acordo com cada teste)	Adição de dois aditivos: casca de bétula e farinha de trigo	Densidade MEV, Resistência à flexão Módulo de elasticidade Condutividade térmica e resistência ao fogo
Ahmed *et al.* (2024)	Águas residuais industriais (ETAR) tratadas com micélio *Cladosporium sp*	Tijolos de argila leves e isolantes	Processo de biorremediação de águas residuais	Durabilidade, impacto ambiental e desempenho energético do edifício
Ardra *et al*. (2024)	Cimento Portland, cinza volante, Hidróxido de sódio (NaOH), pó de micélio *Pleurotus ostreatus*	Tijolos geopoliméricos com infusão de micélio para parede não estrutural	Micélio como substituto parcial de cinza volante e tratamento com NaOH	Resistência à compressão, flexão absorção de água, sorvidade, ataque ácido, teste de sulfato, resistência ao fogo, condutividade térmica
Martuscelli *et al.* (2020)	*P. chrysogenum* MUM 9743 e *N. crassa* MUM 9208	Bioarenito	Precipitação de CaCO3 (produzido pelos fungos urease-positivos) no processo de biocimentação	Resistência à compressão

Tabela 1: Quadro síntese das principais informações extraídas dos nove artigos.
Fonte: Os autores (2025).

Diante do exposto, a pesquisa de Ardra *et al.* (2024) foi o exemplo encontrado mais promissor, em que foi produzido um “concreto de micélio” para paredes não estruturais, realizando um estudo experimental que levou em conta diversas técnicas, incluindo tijolos geopoliméricos com infusão de micélio, mistura de micélio-epóxi coberta com concreto geopolímero, e argamassa de cimento com infusão de micélio.

Além disso, foram realizados vários ensaios a fim de determinar as propriedades físicas e mecânicas do bioconcreto, e chegaram a algumas conclusões, das quais valem destacar:

> (i) o concreto geopolímero à base de micélio (e tratado com NaOH) exibiu resistência à compressão (32,4 MPa) comparável ao concreto geopolímero normal (8,96 MPa), indicando sua integridade estrutural e adequação para aplicações não estruturais com restrições de altura;

(ii) testes de condutividade térmica mostraram que concretos geopolímero à base de micélio (e tratados com NaOH) resistiram à transferência de calor, indicando seu potencial para projetos de construção com eficiência energética e melhor conforto dos ocupantes, e demonstraram potencial para redução de ruído e melhoria do conforto acústico nas edificações.

Os demais estudos foram importantes para a compreensão das melhores composições (de resíduo e espécie fúngica), ou seja, aquelas que apresentaram melhores resultados, principalmente em relação à resistência mecânica dos compósitos. Ademais, observou-se que a adição de substâncias que melhoram as características do micélio, bem como a elaboração de geometrias e formatos mais otimizados (utilizando o recurso da fabricação digital e prototipagem) também podem ser eficientes e incorporados em próximos experimentos.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou um panorama geral da utilização do micélio no setor de AEC, no contexto das construções sustentáveis. Em geral, os compósitos à base de micélio oferecem boas propriedades térmicas e acústicas, atuando como um bom isolante térmico, além disso, são totalmente biodegradáveis, ou seja, contribuem com o modelo de economia circular.

Por meio da revisão, foi possível observar que as espécies fúngicas *Pleurotus ostreatus* e *Trametes versicolor* foram as mais utilizadas para nos estudos dos últimos cinco anos, representando respectivamente 50% e 25% dos nove artigos selecionados.

Em relação aos resíduos mais utilizados, o cânhamo aparece em 18% e serragem de madeira em 28% dos artigos, porém existe uma variedade de resíduos agrícolas que também foram explorados.

Como demonstrado, os materiais feitos a partir do micélio podem ter diversas aplicações dentro do campo da arquitetura, incluindo em seu modo de produção, a adição de substâncias que melhoram as características do compósito e na elaboração de geometrias e formatos mais eficientes. Apesar dos materiais à base de micélio já terem sido aplicados em escala comercial, como em pavilhões e exposições, ainda existem limitações e lacunas de conhecimento em relação a produção em larga escala livre de contaminação que podem ser alvo de futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.M.; ALI, S. A.; TAREK, D.; MAAFA, I. M.; ABUTALEB, A.; YOUSEF, A.; FAHMY, M. K. Development of bio-based lightweight and thermally insulated bricks: efficient energy performance, thermal comfort, and co2 emission of residential buildings in hot arid climates. **Journal of Building Engineering**, v. 91, p. 109667, 2024.

ARDRA, R.; KARTHIK, S.; PADMAKUMAR, T. G.; KISHNAN, R.; SHUKLA, S. K.; SATHYAN, D. Mycelium-infused geopolymer bricks for non-load-bearing walls: experimental investigation and life cycle assessment. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 9, n. 3, p. 72, 2024.

BARTA, D.; SIMION, I.; TIUC, A.; VASILE, O. Mycelium-Based Composites as a Sustainable Solution for Waste Management and Circular Economy. **Materials**, v. 17, n. 2, p. 404, 2024.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do ciclo de vida energético (acve) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, 2016.

GHAZVINIAN, A.; KHALILBEIGI, A.; MOTTAGHI, E.; GÜRSOY, B. The Design and Fabrication of Mycocreate 2.0: a spatial structure built with load-bearing mycelium-based composite components. **Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures**, v. 63, n. 2, p. 85-97, 2022.

HOTZ, E. C.; BRADSHAW, A. J.; ELLIOTT, C.; CARLSON, K.; DENTINGER, B. T.M.; NALEWAY, S. E. Effect of agar concentration on structure and physiology of fungal hyphal systems. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 24, p. 7614-7623, 2023.

IEA; UNEP. **Building Construction Global Status Report. United Nations Environment programme**. 2022.

IRBE, I.; KIRPLUKS, M.; KAMPUSS, M.; ANDZE, L.; MILBRETA, U.; FILIPOVA, I. Assessing the Conformity of Mycelium Biocomposites for Ecological Insulation Solutions. **Materials**, v. 17, n. 24, p. 6111, 2024.

JONES, M.; MAUTNER, A.; LUENCO, S.; BISMARCK, A.; JOHN, S. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: a critical review. **Materials & Design,** v. 187, p. 108397, 2020.

LEITE, C. L.; ESPOSITO, E. Fungos: estrutura e ultraestrutura. In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. (org.). **Fungos**: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2010.

MARTUSCELLI, C.; SOARES, C.; LIMA, N.; CAMÕES, A. Potential of fungi to produce bioconcrete. **Rilem Technical Letters**, v. 5, p. 157-162, 2020.

SIHOMBING, A. V. R.; UTAMI, R.; MAULUDIN, L. M.; NURSYAFRIL, N.; ARYANTHA, I. N. P. Mycelium Bio-composites for Civil Infrastructure in Indonesia. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 16, n. 9, p. 21-36, 2024.

SOH, E.; LOH, N.; TEOH, J. H.; JAIN, A.; FERRAND, H. L. Biodegradable mycelium tiles with elephant skin-inspired texture for thermal regulation of buildings. **Energy and Buildings**, v. 328, p. 115187, 2025.

SONG, H.; HON, K. C.; GAUVIN, F.; PANTALEO, S.; BERGER, F.; CHEN, W.; BROUWERS, H. J. H. Durability assessment of alkyl ketene dimer hydrophobic treatment of bio-based thermal insulation materials. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 212, p. 107983, 2025.

TEIXIERA, J., OLIVEIRA, A. C. R.T., GRABOIS, T., CALDAS, L. R. Produção e experimentação com o micélio na construção: uma revisão sistemática da literatura. *In:* **V Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis.** Lisboa, 2024.

ZIMELE, Z.; IRBE, I.; GRININS, J.; BIKOVENS, O.; VEROVKINS, A.; BAJARE, D. Novel Mycelium-Based Biocomposites (MBB) as Building Materials. **Journal of Renewable Materials**, v. 8, n. 9, p. 1067-1076, 2020.