

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE COMPÓSITOS SUSTENTÁVEIS APLICÁVEIS AO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

Guilherme Frederico Perusse, guilherme.perusse@unioeste.br¹
Aline Elly Trembl, aline.trembl@unioeste.br¹

^{1,2} Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Av. Tarquínio Joslin dos Santos, 1300,

Resumo. A revisão sistemática da literatura é uma metodologia rigorosa utilizada para sintetizar o conhecimento existente sobre determinado tema com abrangência e imparcialidade. Este estudo teve como foco a caracterização mecânica de materiais compósitos sustentáveis, com ênfase em suas aplicações na engenharia mecânica. A análise abrangeu publicações entre janeiro de 2021 e março de 2025, utilizando o protocolo PRISMA para garantir uma busca estruturada. As bases de dados consultadas foram Scopus, Science Direct, IEEE Xplore e Wiley, resultando inicialmente em 1.282 artigos. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 111 artigos, analisados com o auxílio do aplicativo Parsifal, que facilitou a triagem e organização das informações. Os resultados indicam um crescimento constante nas pesquisas sobre biocompósitos, com destaque para o uso de fibras naturais como cânhamo, bambu e juta, e matrizes como o Políácido Láctico (PLA) e borracha natural. Dos estudos selecionados, 55 abordam diferentes tipos de biocompósitos e 56 concentram-se em um único tipo. A análise demonstra um interesse crescente no desenvolvimento de materiais sustentáveis, especialmente devido ao seu potencial em aplicações estruturais, componentes mecânicos e soluções com menor impacto ambiental na engenharia mecânica.

Palavras chave: Biocompósitos. Sustentabilidade. Base de dados. Engenharia mecânica.

Abstract. A systematic literature review is a rigorous methodology used to synthesize existing knowledge on a given topic in a comprehensive and impartial manner. This study focused on the mechanical characterization of sustainable composite materials, with an emphasis on their applications in mechanical engineering. The analysis covered publications between January 2021 and March 2025, using the PRISMA protocol to ensure a structured search. The databases consulted were Scopus, Science Direct, IEEE Xplore and Wiley, initially resulting in 1,282 articles. After applying the inclusion and exclusion criteria, 111 articles were selected and analyzed using the Parsifal app, which made it easier to sort and organize the information. The results indicate a steady growth in research into biocomposites, with emphasis on the use of natural fibers such as hemp, bamboo and jute, and matrices such as PLA (polylactic acid) and natural rubber. Of the studies selected, 55 deal with different types of biocomposites and 56 focus on a single type. The analysis shows a growing interest in the development of sustainable materials, especially due to their potential in structural applications, mechanical components and solutions with less environmental impact in mechanical engineering.

Keywords: biocomposites, sustainability, database, mechanical engineering.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Kitchenham (2007) e Nurshat *et al.* (2024) a revisão sistemática da literatura é uma abordagem metodológica fundamental utilizada para localizar, analisar e interpretar pesquisas relevantes sobre um determinado tema, questão de pesquisa ou fenômeno de interesse. Ela pode ser segmentada em três fases principais: planejamento, execução e síntese dos dados. Além de representar uma etapa inicial comum na maioria dos estudos científicos, a revisão da literatura tem ganhado considerável importância no meio acadêmico por fornecer uma visão abrangente das descobertas anteriores em um campo específico. Sua realização adequada, com abrangência e imparcialidade, permite identificar lacunas no conhecimento existente, orientar pesquisas futuras e destacar áreas onde os pesquisadores podem oferecer contribuições significativas.

A principal razão para a realização de uma revisão sistemática é garantir uma síntese objetiva e estruturada do conhecimento existente. Para isso, é essencial que ela siga uma estratégia de busca bem definida, permitindo que a pesquisa seja avaliada quanto à sua completude. Conforme destacado por Kitchenham (2007), é fundamental que os pesquisadores busquem e relatem tanto os estudos que sustentam sua hipótese quanto aqueles que a contradizem, assegurando assim a imparcialidade da revisão.

A revisão sistemática realizada neste trabalho é baseada na metodologia utilizada nos trabalhos de Maciejewski, Tremi e Flauzino (2020) e Bando (2024). O método utilizado é chamado de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), amplamente empregado em pesquisas que analisam experiências aplicadas a um determinado campo do conhecimento.

De acordo com Bando (2024), o método PRISMA é estruturado em um diagrama de fluxo dividido em quatro fases (Fig.1). O diagrama de fluxo fornece uma representação visual detalhada das etapas do processo, facilitando a compreensão da metodologia aplicada. Ainda, segundo Moher *et al.* (2009), a revisão sistemática da literatura é estruturada em quatro etapas principais: identificação, triagem, elegibilidade e, por fim, inclusão.

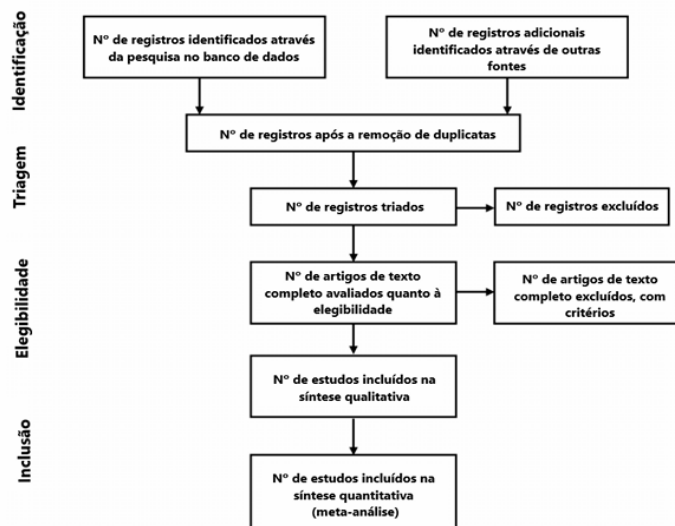


Figura 1. Fluxograma método PRISMA (Moher *et al.*, 2009)

Durante a fase de identificação, as bases de dados são selecionadas para posterior busca por documentos e seleção das palavras-chave. Para realizar a triagem e elegibilidade, de acordo com PRISMA (2020), os documentos são reunidos em uma mesma etapa para aplicação dos critérios de seleção e exclusão prévia.

Para este estudo, propõe-se a realização de uma revisão sistemática com foco na “Caracterização Mecânica de Materiais Compósitos Sustentáveis”, com o objetivo de identificar as linhas de tendência da área e, assim, possibilitar o ajuste do escopo da Iniciação Científica (IC). Para isso, será utilizado o método PRISMA, com o auxílio do aplicativo *Parsifal*, a fim de selecionar artigos relevantes e analisar criticamente as tendências presentes nas publicações aceitas sobre o tema.

2. METODOLOGIA

Com base no método PRISMA, para identificação das bases de dados utilizadas, levou-se em consideração as mais relevantes e consolidadas para pesquisa na área de engenharia e ciências exatas. As bases de dados selecionadas foram as mesmas usadas por Maciejewski, Tremi e Flauzino (2020) e Bando (2023), sendo elas a IEEEExplore, Scopus, Science Direct, SciELO e Wiley Online Library. Neste trabalho, optou-se pela exclusão da base de dados do Web of Science, visto que seu sistema não aceita todas as palavras-chave selecionadas e sua forma de extração de dados é feita de forma lenta, e do SciELO pela escolha do autor.

O acesso a essas bases de dados foi feito por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). De acordo com o próprio portal, o CAPES é um dos maiores acervos científicos virtuais do Brasil, proporcionando acesso a uma ampla variedade de conteúdo para instituições de ensino e pesquisa. O acervo inclui milhares de periódicos científicos em texto completo e diversas bases de dados que abrangem artigos, referências, patentes, estatísticas, materiais audiovisuais, normas técnicas, teses, dissertações, livros e obras de referência, contribuindo significativamente para a produção e disseminação do conhecimento acadêmico e científico no país (CAPES, 2020). Dentro da plataforma, usa-se o vínculo com a instituição de ensino, seja ela de ensino médio ou superior, para ter o acesso livre ao acervo e base de dados.

A busca nas bases de dados funciona a partir de operadores lógicos, no qual, a partir da seleção de palavras-chave inerentes ao objeto de estudo, cria-se vínculos de palavras que serão analisados dentro do banco de dados da plataforma, selecionando artigos correspondentes à pesquisa. Considerou-se suficientemente abrangente para o presente trabalho que a busca fosse realizada no título, resumo e palavras-chave, configuração que é possível aplicar dentro da própria plataforma. As palavras-chave selecionadas para busca de artigos se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Palavras-chave utilizadas para busca (Autor, 2025)

Material	Tipo	Propriedades
<i>Fiber Matrix</i>	<i>Natural Organic Sustainable Biopolymer</i>	<i>Hardness Toughness Ductility Strength Resilience</i>

Dentro das bases de dados, a partir dos artigos buscados por meio das palavras-chave, realizou-se uma pré-filtragem. A pré-filtragem contou com a exclusão automática por meio da seleção dentro da plataforma da base de dados de algumas palavras-chave indesejáveis que apareciam na pesquisa, como compósitos sintéticos, híbridos, entre outros. Após a pré-filtragem dentro das bases de dados, encontrou-se a relação de artigos que pode ser visualizada no Tabela 2.

Tabela 2. Quantidades de artigos em cada base de dados. (Autor, 2025)

Base de dados	Número de artigos
IEEEExplore	105
Scopus	500
Science Direct	375
Wiley online Library	302
TOTAL	1282

Os artigos encontrados dentro das bases de dados foram selecionados e exportados em formato BibTeX para uma pasta destinada a essa finalidade.

Para seleção dos artigos encontrados na base de dados, utilizou-se como ferramenta do aplicativo *Parsifal*. *Parsifal* consiste em uma ferramenta *online* e gratuita criada para auxiliar pesquisadores na realização de revisões sistemáticas da literatura. A ferramenta não só permite documentar todo o processo, mas também auxilia na organização e no acompanhamento dos pontos essenciais durante uma revisão sistemática da literatura (Bando, 2024).

Para utilizar o *Parsifal*, configurou-se, em etapas, o sistema com base na sua linha de pesquisa que está sendo desenvolvida. No caso em questão, a primeira etapa consistiu em realizar o preenchimento da seção chamada de *review details* com o título e descrição do trabalho, como pode-se analisar na Figura 2.

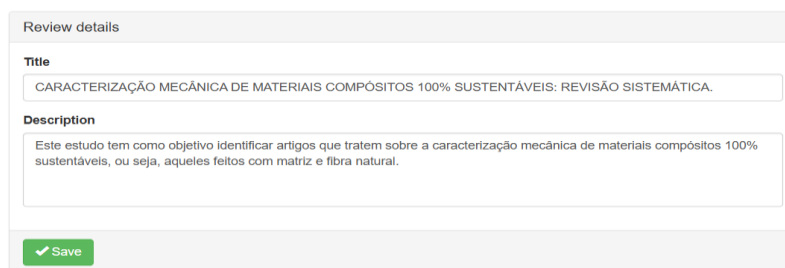


Figura 2. Preenchimento do campo da *review details* do *Parsifal* (Autor, 2025)

A segunda etapa é chamada de *planning*, *planejamento*, e possui três sub etapas chamadas *protocol*, *quality assessment checklist* e *data extraction form*.

Em *protocol*, protocolo, insere-se o objetivo do trabalho, para que a busca dos artigos seja mais assertiva e esteja dentro do escopo requerido, e o PICOC que é um modelo usado para estruturar revisões de evidências em pesquisas, considerando cinco elementos: População (grupo de interesse), Intervenção (tecnologia ou método aplicado), Comparação (controle ou alternativa para análise), Resultados (impacto relevante do experimento) e Contexto (cenário onde o estudo ocorre, como indústria ou academia). A Fig 3 mostra os campos preenchidos de acordo com a linha de pesquisa do trabalho.

Objectives

Identificar nas referências disponíveis os registros que abordam sobre a caracterização de materiais compósitos 100% sustentáveis.

Save

PICOC

Separate the terms used in the PICOC using commas. This will make possible to save them separately as keywords so we can help you design your search string.
If any of the sections of PICOC doesn't apply to your research, please leave it blank.

Population

Materials compósitos sustentáveis, biocompósitos, materiais ecológicos

Intervention

Caracterização de materiais, propriedades mecânicas, térmicas e estruturais

Comparison

Materials compósitos convencionais, plásticos reforçados com fibra sintética

Outcome

Desempenho mecânico, impacto ambiental, biodegradabilidade

Context

Engenharia de materiais, indústria sustentável, desenvolvimento de materiais

Save

Figura 3. Preenchimento do campo *protocol* do *Parsifal* (Autor, 2025)

Além disso, após o preenchimento desses campos, completa-se as seções de questão de pesquisa, palavras-chave e sinônimo, *string* de busca, fontes e critérios de seleção.

A *research questions*, questão de pesquisa, em uma revisão sistemática devem ser bem formuladas, pois direcionam a identificação dos estudos primários, a extração de dados e a análise. O modelo PICOC ajuda nesse processo ao definir a População, Intervenção, Comparação, Resultados e Contexto, garantindo que as questões sejam estruturadas de forma clara e relevante para o estudo, como apresentado na Figura 4.

Research Questions

P1)Quais são as principais propriedades mecânicas, térmicas e químicas dos materiais compósitos 100% sustentáveis?

edit remove

P2) Como os materiais compósitos 100% sustentáveis se comparam aos compósitos sintéticos em termos de resistência mecânica, durabilidade e impacto ambiental?

edit remove

P3) Quais são as vantagens e desvantagens desses materiais em relação aos compósitos sintéticos?

edit remove

P4) Quais setores industriais podem adotar materiais compósitos 100% sustentáveis em larga escala?

edit remove

P5) Esses materiais são biodegradáveis ou recicláveis?

edit remove

P6) Dentre os compósitos 100% naturais, quais são os tipos de fibra e matriz utilizados?

edit remove

Add Question

Figura 4. Preenchimento do campo da *research questions* do *Parsifal* (Autor, 2025)

As *keywords and synonyms*, palavras-chave e os sinônimos, são alinhados com a pesquisa previamente feita na base de dados, sendo assim, a *search string*, *string* de busca, do aplicativo deve se alinhar com as palavras-chave do Tabela 1. Os campos preenchidos se encontram na Figura 5 e Figura 6.

Keywords and Synonyms

To edit or remove a certain keyword or synonym you may click on it's description to enable the field.

Keyword	Synonyms	Related to	
mechanical properties	ductility hardness resilience strength toughness	Outcome	edit remove
natural fiber	biofiber organic fiber sustainable fiber	Population	edit remove
natural matrix	biomatrix organic matrix sustainable matrix	Population	edit remove

Add Keyword

Import PICO Keywords

Figura 5. Preenchimento do campo da *keywords and synonyms* do *Parsifal* (Autor, 2025)

Search String

Use uppercase for boolean operators (AND, OR), double quotes for composite words and parentheses to logically separate the keywords and synonyms.

((("natural fiber" OR "biofiber" OR "organic fiber" OR "sustainable fiber") AND ("natural matrix" OR "biomatrix" OR "organic matrix" OR "sustainable matrix") AND ("mechanical properties" OR "ductility" OR "hardness" OR "resilience" OR "strength" OR "toughness")))

Save

Suggested Search String

Figura 6. Preenchimento do campo da *search string* no *Parsifal* (Autor, 2025)

No espaço destinado às *sources*, fontes, completa-se com as bases de dados utilizadas no trabalho que estão apresentadas na Tabela 2

Por último, na seção de *selection criteria*, critério de seleção, seleciona-se os critérios de inclusão e exclusão que vão nortear a seleção dos artigos dentro da base de dados.

No presente trabalho, desenvolveu-se os critérios de inclusão e exclusão baseado no que foi determinado por Bando (2024), no qual é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Critério de inclusão e exclusão (Autor, 2025)

Categorias	Critérios
Critério de inclusão	1. O artigo aborda compósitos naturais, onde tanto a matriz quanto a fibra são naturais, biopoliméricas ou sustentáveis;
	2. O estudo investiga propriedades mecânicas, incluindo resistência, dureza, tenacidade, ductilidade ou resiliência
	3. O artigo apresenta análises experimentais ou simulações sobre o desempenho mecânico dos compósitos naturais;
	4. O trabalho discute aplicações sustentáveis e o impacto ambiental positivo desses materiais
Critério de exclusão	1. O artigo não aborda sobre compósitos feitos com fibra e matriz naturais, orgânicas
	2. O documento não está disponível gratuitamente pela instituição
	3. Artigos duplicados em bases de dados;
	4. Documentos publicados antes de 2021
	5. O artigo aborda sobre compósitos híbridos

Em *quality assessment checklist*, lista de verificação para avaliação da qualidade, busca-se qualificar os artigos com base em questões que estão dentro do tema abordado. Para essas questões, são atribuídas pontuações que são somadas a cada resposta obtida, avaliando-se assim quais artigos estão mais coerentes com o tema. seleção de estudo. As *questions*, perguntas, e o *score*, pontuação, atribuídas se encontram na Figura 7.

Questions

⬆

⬆

⬆

⬆

⬆

⬆

O artigo menciona o uso de matriz e fibra naturais, orgânicas, sustentáveis ou biopoliméricas?

O artigo relata sobre pelo ao menos uma das propriedades mecânicas, como dureza, tenacidade, ductilidade, resistência ou resiliência?

O artigo compara as propriedades dos compósitos naturais em relação aos sintéticos (híbridos, epóxi, políester, éster vinílico)?

O artigo apresenta resultados experimentais sobre o desempenho mecânico de compósitos feitos com fibra e matriz natural, orgânica, sustentável ou biopolimérica?

O artigo menciona sobre as aplicações do composto sustentável?

add

delete

add

delete

add

delete

add

delete

add

delete

+ Add Question

Answers

Description

Weight

Yes

1.0

Partially

0.5

No

0.0

add

delete

add

delete

add

delete

+ Add Answer

Figura 7. Preenchimento do campo da *questions* do *Parsifal* (Autor, 2025)

Por fim, na última sub etapa, realiza-se a identificação na *data extraction form*, forma de extração dos dados. Nessa etapa, explica-se de que forma foi realizada a extração dos dados para aquisição dos artigos, visualizada na Figura 8.

Data Extraction Form			
Description	Type	Values	
Autores	String Field	n/a	
Citações	Integer Field	n/a	
Data de publicação	Date Field	n/a	
Título	String Field	n/a	
Periódico	String Field	n/a	
Em Inglês	Boolean Field	n/a	
Resumo	String Field	n/a	
+ Add Field			

Figura 8. Preenchimento do campo da *questions* do *Parsifal* (Autor, 2025)

Na terceira e última etapa, chamada *conducting*, condução, existem outras 6 sub etapas, no entanto, para essa pesquisa, foram utilizadas somente quatro, sendo elas: *import studies*, *study selection*, *quality assessment* e *data analysis*.

Em *import studies*, importar estudos, realiza-se a importação dos arquivos BibTeX exportados das bases de dados já citadas. Nesse campo todos os arquivos são armazenados para posterior análise, como mostra a Figura 9.

Import Studies		
Source	Imported Studies	
IEEE Digital Library	105	Import
Science@Direct	500	Import
Scopus	375	Import
Wiley Online Library	302	Import

Figura 9. Importação de arquivos BibTeX (Autor, 2025)

A subseção *study selection*, seleção de estudo, como mostra a Fig.10, permite que o autor realize a seleção criteriosa dos artigos presentes em cada base de dados. Para isso, necessita-se que o autor leia o título, resumo e palavras-chave para classificar, dentro dos critérios de inclusão e exclusão, presente na Tab.3, o artigo em não classificado, aceito, rejeitado e duplicado.

Study Selection

All Sources
IEEE Digital Library
Science@Direct
Scopus
Wiley Online Library

Find Duplicates
 Export Articles

Action:
Select...
Go
0 of 1282 selected

Show:
☒ All
☐ Accepted
☐ Rejected
☐ Unclassified
☐ Duplicated

Figura 10. Subseção destinada a seleção de artigos (Autor, 2025)

3. RESULTADOS

No estudo em questão, de um total de 1282 artigos, 1114 foram rejeitados, 111 foram aceitos e 57 foram duplicados. Dentro do aplicativo *Parsifal*, ao final todo processo, o mesmo faz a *data analysis*, análise de dados, gerando dados estatísticos, como o percentual de artigos selecionados em cada base de dados, a proporção de artigos incluídos em relação aos excluídos e a distribuição dos artigos selecionados ao longo do tempo, como apresenta as Figuras 11, 12 e 13.

Analisando os dados presentes na Fig 11, verifica-se que o número de artigos selecionados em cada uma das bases antes da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram: Science Direct (39%), Scopus (29,3%), Wiley Online Library (23,6%) e IEEE Digital Library (8,2%).

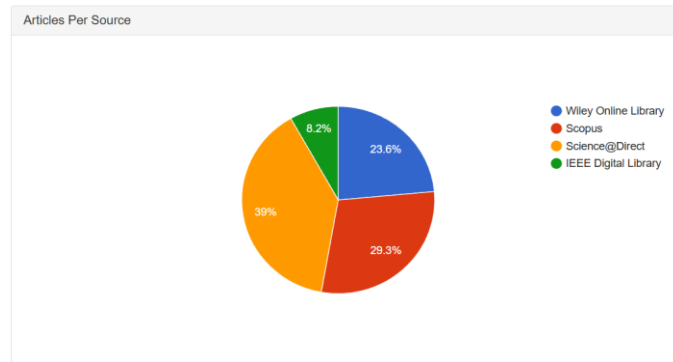


Figura 11. Artigos selecionados por base de dados (Autor, 2025)

Verificou-se, pelo gráfico da Figura 12, que a quantidade de artigos selecionados após o critério de inclusão em comparação com a quantidade de artigos totais encontradas em cada base de dados dependeu diretamente da quantidade de artigos importados de cada base de dados.

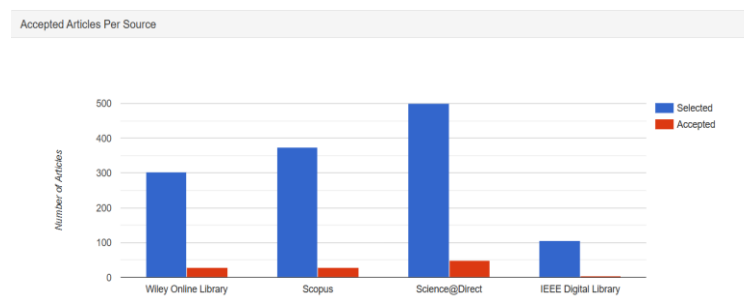


Figura 12. Artigos aceitos por base de dados após aplicação dos critérios de seleção (Autor, 2025)

Na Figura 13 visualiza-se que o gráfico apresenta uma linha crescente até o ano de 2024, mostrando uma linha de tendência crescente sobre o tema de estudo em âmbito global a cada ano, indicando ser um tema promissor de pesquisa.

Nessa análise, vale ressaltar que a queda de pesquisas no ano de 2025 somente se justifica pelo fato da seleção de artigos ter sido feita apenas nos três primeiros meses do referido ano.

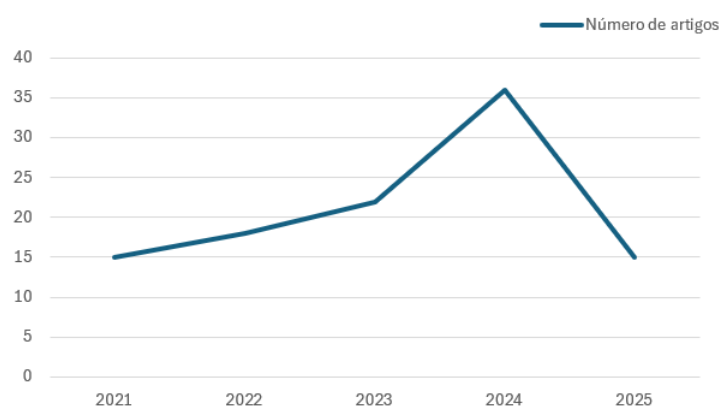


Figura 13. Número de artigos publicados em cada ano na janela de tempo selecionada (Autor, 2025)

Em seguida, para avaliar a linha de tendência dos artigos aceitos na seleção, fez-se a análise pontual do título e resumo de cada artigo dentro do aplicativo *Parsifal* para verificar quais materiais naturais, reforço e matriz, estão sendo mais utilizados em âmbito geral. Os resultados obtidos por meio dessa análise se encontram nos Gráficos 1, 2 e 3.

O Gráfico 1 condiz com o tipo de artigo, ou seja, se o estudo aborda diversos tipos de biocompósitos, reforço natural e matriz natural, ou se foca em apenas um único tipo de biocompósito. Dos 111 artigos aceitos, 55 falam sobre diversos tipos de biocompósitos e 56 falam em apenas um único tipo de biocomposito.

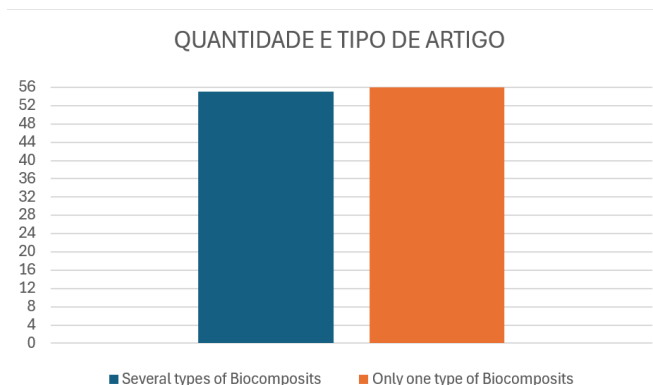


Gráfico 1. Quantidade e tipo de artigo (Autor, 2025)

No Gráfico 2, que leva em consideração apenas os artigos que tratam somente de um único tipo de biocompósito, é possível verificar que as fibras mais utilizadas para essa aplicação são: *Hemp* (6 artigos), *Bamboo* (6 artigos), *Juta* (5 artigos), *Pineapple* (5 artigos) e *Sisal* (3 artigos).

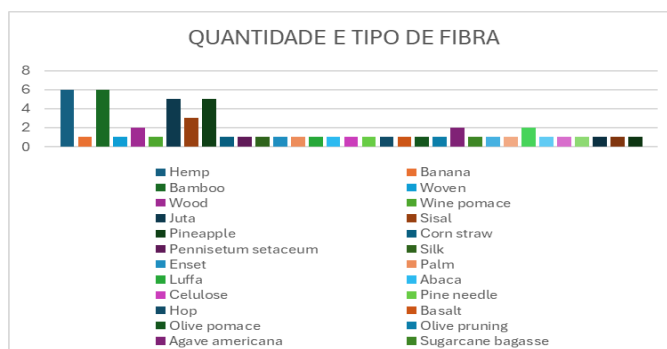


Gráfico 2. Quantidade e tipo de fibra (Autor, 2025)

No Gráfico 3, que também leva em consideração apenas os artigos que tratam somente de um único tipo de biocompósito, é possível verificar que a matriz mais utilizada para essa aplicação são: *PLA* (25 artigos), *Natural rubber* (6), *Ligin* (3 artigos), *Cassava* (2 artigos), *bioepoxy* (2) e *Biodegradable aliphatic polyester* (2 artigos).

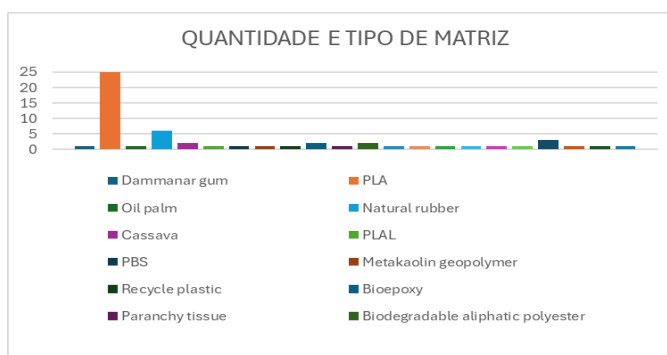


Gráfico 3. Quantidade e tipo de matriz (Autor, 2025)

4. CONCLUSÕES

A aplicação do método PRISMA, com o suporte do aplicativo *Parsifal*, permitiu a realização de uma revisão sistemática estruturada e criteriosa sobre biocompósitos. Os resultados evidenciam um crescimento significativo nas pesquisas recentes, destacando a relevância global dos materiais sustentáveis. Além disso, a análise da linha de tendência dos artigos selecionados revela a diversidade de fibras e matrizes estudadas, como a fibra *bamboo* e *hemp* e matriz de PLA, indicando amplas possibilidades de aplicação e impulsionando o desenvolvimento de novos materiais sustentáveis.

4. REFERÊNCIAS

- Bando, J.V.M., Treml, A.E., 2024. "Contributions of Signal Processing Techniques to Detection and Diagnosis of Broken Bar Faults in Induction Motors: A Systematic Review." *2024 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, pp. 1-6.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), 2020. Quem somos. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/sobre/quem-somos.html>>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- Kitchenham, B., 2007. *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*.
- Maciejewski, N.A.R., Treml, A.E., Flauzino, R.A., 2020. "A Systematic Review of Fault Detection and Diagnosis Methods for Induction Motors". In: *2020 FORTEI-International Conference on Electrical Engineering (FORTEI-ICEE)*. p. 86–90. doi: 10.1109/FORTEI-ICEE50915.2020.9249890.
- Moher, D. et al., 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097. Published July 21, 2009. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- N. F. Ali, M. M. Mohtasim, S. Mosharraf and T. G. Krishna, "Automated Literature Review Using NLP Techniques and LLM-Based Retrieval-Augmented Generation," *2024 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, Chittagong, Bangladesh, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISSET62123.2024.10939517.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.