

CHAPTER XVII

INNOVATION AND SUSTAINABILITY: A REVIEW ON POLYMERIC COMPOSITES IN CIVIL CONSTRUCTION

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: UMA REVISÃO SOBRE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

DOI: 10.51859/ampla.sset.2124-17

Luana Varela Miranda ¹
Talita Miranda de Sousa ²
Gypson Dutra Junqueira Ayres ³
Maria das Vitórias do Nascimento ⁴
Albaniza Maria da Silva Lopes ⁵
Osires de Medeiros Melo Neto ⁶

¹ Pesquisadora Doutora. <https://orcid.org/0000-0002-2866-447X>.

² Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. <https://orcid.org/0009-0004-4261-883>.

³ Doutorando em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. <https://orcid.org/0000-0001-5260-1682>.

⁴ Professora Doutora na Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. <https://orcid.org/0000-0002-5788-5028>.

⁵ Professora Doutora na Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. <https://orcid.org/0009-000-7731-0654>.

⁶ Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. <https://orcid.org/0000-0002-2535-0969>.

ABSTRACT

Aiming the development of environmentally sustainable composite materials, this study proposes to explore the creation of a new construction material, configured in bricks and composed of a diversity of aggregates. These aggregates are agglutinated using polymers, which can be recycled or new, consolidated through a heat treatment process. The main objective is to evaluate the viability of these bricks for use in masonry within the context of civil construction, promoting a more ecological and efficient alternative. To inform the investigation, a comprehensive systematic review was carried out, which collected and thoroughly examined a wide range of data available in current literature on the manufacturing techniques and properties of polymer composites. This review helped to establish a solid foundation of knowledge, ensuring that the development of the proposed material is aligned with contemporary practices and technological advances in the field of composite materials.

Keywords: Concrete. Polymer. Strength.

RESUMO

Visando o desenvolvimento de materiais compósitos ambientalmente sustentáveis, este estudo se propõe a explorar a criação de um novo material construtivo, configurado em blocos e composto por uma diversidade de agregados. Esses agregados são aglutinados por meio de polímeros, que podem ser tanto reciclados quanto novos, consolidados através de um processo de tratamento térmico. O objetivo principal é avaliar a viabilidade desses blocos para uso em alvenarias dentro do contexto da construção civil, promovendo uma alternativa mais ecológica e eficiente. Para fundamentar a investigação, realizou-se uma revisão sistemática abrangente, que coletou e examinou minuciosamente uma vasta gama de dados disponíveis na literatura atual sobre as técnicas de fabricação e as propriedades de compósitos poliméricos. Esta revisão ajudou a estabelecer uma base sólida de conhecimento, garantindo que o desenvolvimento do material proposto esteja alinhado com as práticas contemporâneas e os avanços tecnológicos no campo dos materiais compósitos.

Palavras-chave: Concreto. Polímero. Resistência.

1 INTRODUÇÃO

Para início de discussão deste trabalho e mais ampla visão dos dados disponíveis na literatura acerca da manufatura e caracterização de compósitos poliméricos a fim de utilização na construção civil sem a utilização do componente cimento Portland, foi utilizada a estratégia da revisão sistemática, trazendo evidências da importância e aplicabilidade do tema proposto, além de corroborar com a segurança do estudo através de um processo sistematizado e padronizado de pesquisa.

Uma revisão sistemática tem como objetivo minimizar erros, coletando estudos confiáveis acerca do assunto com conclusões pertinentes e dando suporte às justificativas de decisões pelo autor do presente estudo.

Nesse contexto, alguns passos essenciais são necessários para uma satisfatória revisão sistemática, como uma definição de objetivos claros, o estabelecimento de critérios para escolher os artigos mais adequados ao estudo, o ajuste de uma metodologia replicável, uma busca sistemática eficaz que consiga coletar os artigos elegíveis e a apresentação de forma resumida dos dados de interesse através de discussão comparativa dos resultados. Visando sempre a futura utilização dessas comparações quando novas tecnologias forem instaladas no ramo da construção civil.

2 METODOLOGIA

Para desencadear a condução da revisão sistemática, foram definidas estratégias de busca para identificar os artigos relevantes através dos critérios de exclusão e desenvolvimento dos métodos de síntese dos artigos utilizados.

Com o objetivo de uniformizar e ressaltar o processo pelo qual esta revisão foi conduzida, a Tabela 1 apresenta as fases percorridas nesse método, acompanhadas de suas características e passos principais, além dos resultados finais alcançados ao término desse procedimento.

O primeiro passo foi a definição da pergunta motivadora, a qual é justificada pela necessidade de oferecer uma contribuição satisfatória ao estado da arte de concretos poliméricos em paralelo com os objetivos definidos do trabalho. A designação da pergunta motivadora visa estreitar o campo de atuação desse estudo e limitar as pesquisas, direcionando para os estudos que realmente serão úteis na

discussão e comparação dos resultados. A pergunta motivadora definida foi: Como se comporta e quais são os parâmetros adequados para o uso de concreto polimérico na construção civil?

Tabela 1 - Etapas da Revisão Sistemática

Passos	Descrição
Definição da pergunta motivadora	Como se comporta e quais são os parâmetros adequados para o uso de concreto polimérico na construção civil?
Definição da base de dados	Scopus
Escolha de palavras-chave e definição das combinações de busca	Tabela 2
Estratégias de busca	Pesquisa por título, resumo e palavras-chave, combinação com operadores booleanos AND e OR (Tabela 2)
Coleta de trabalhos na base de dados	Leitura de títulos e resumos com coleta de artigos relevantes e exclusão de trabalhos não relevantes
Seleção dos trabalhos e aplicação dos filtros	Aplicação de critérios de exclusão
Extração de dados	Leitura, classificação e organização dos dados
Análise dos resultados	Avaliação e discussão sobre a pergunta motivadora
Síntese da revisão	Síntese dos resultados e escrita da revisão

Fonte: Autoria própria.

2.1 Identificação do estudo

A identificação do estudo tem início com a definição da pergunta motivadora e reflexão acerca dos principais conceitos envolvidos no contexto dos concretos poliméricos, o que caracterizam eles e quais são as principais propriedades geralmente analisadas nesse campo de estudo, além das principais aplicações envolvidas. Após essa etapa, automaticamente, as palavras-chave relacionadas começam a surgir e serem percebidas nos títulos e resumos dos artigos recorrentes ao tema proposto. Para a escolha mais adequada das palavras-chave nos termos de busca, foram utilizadas palavras ou combinações de expressões que melhor representassem o resultado pretendido.

Após a definição e devido agrupamento das palavras-chave, elas foram combinadas de forma a definir a estratégia de busca mais adequada aos resultados esperados dentro do cenário dos concretos poliméricos e suas propriedades. A Tabela 2 vai detalhar as 8 pesquisas definidas de acordo com as cooperações pré-

estabelecidas feitas dentro da plataforma Scopus. Como já mencionado, tal ambiente virtual foi escolhido para a realização das pesquisas, dada a sua elevada e considerável abrangência e relevância científica e acadêmica.

Portanto, os termos foram inseridos no campo de busca e foi selecionada a demanda no título, resumo e palavras-chave na base de dados para recuperação dos estudos que interessem e venham a somar na pesquisa.

Tabela 2 - Combinações de termos de busca utilizadas

Pesquisas	Combinações	Primeiro campo	Operador	Segundo campo
1	$A \cap B$	(epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)	AND	Polypropylene
2	$A \cap C$	(epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)	AND	(artificial stone) OR (concrete brick)
3	$B \cap C$	Polypropylene	AND	(artificial stone) OR (concrete brick)
4	$A \cap D$	(epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)	AND	(granite) OR (stone dust) OR (quarry dust)
5	$(A \cap B) \cap E$	((epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)) AND (Polypropylene)	AND	(recycled) OR (reuse) OR (waste)
6	$(A \cap B) \cap F$	((epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)) AND (Polypropylene)	AND	(physical characterization) OR (mechanical characterization) OR (wear characterization)
7	$(C \cup D) \cap B \cap E$	((artificial stone) OR (concrete brick)) OR (((granite) OR (stone dust) OR (quarry dust))) AND (Polypropylene)	AND	(recycled) OR (reuse) OR (waste)
8	$A \cap G$	(epoxy concrete) OR (polymer concrete) OR (epoxy composite) OR (polymer composite) OR (polymer-based) OR (epoxy matrix) OR (polymer matrix)	AND	(melted polymer) OR (molten polymer)

Fonte: Autoria própria.

2.2 Seleção de trabalhos e aplicação de filtros

Após a pesquisa e coleta dos estudos, a etapa de aplicação dos filtros foi realizada em duas partes: através de critérios que priorizaram a qualidade da revisão sistemática e critérios que focaram na elegibilidade de cada artigo quando relacionado à pergunta motivadora.

Dessa forma, os critérios foram organizados em 7 tópicos, como apresentados na Tabela 4 a seguir. Do primeiro ao quarto critério são basicamente filtros de exclusão relacionados à qualidade da revisão sistemática, priorizando trabalhos diretamente relacionados à tópicos da engenharia publicados em revistas, disponíveis de forma gratuita e na língua inglesa. Essa primeira parte da filtragem foi realizada ainda dentro da plataforma Scopus, em que os artigos restantes após esses primeiros quatro filtros, foram exportados para o ambiente de gerenciamento de referências Mendeley® a fim de simplificar a seleção e aplicação dos outros filtros mais praticamente.

Antes de se proceder à aplicação dos outros 3 critérios de exclusão, foi necessário verificar a duplicidade dos estudos para que não trabalhássemos com duplicatas. Assim, dentro do Mendeley, com o auxílio de uma ferramenta destinada a essa eliminação de artigos duplicados, foi possível excluir os estudos que foram captados mais de uma vez pelas combinações de palavras-chave e também dos artigos que faziam parte de um mesmo estudo geral com dados semelhantes ou que se tratavam do mesmo grupo de pesquisa. Portanto, visando evitar o comprometimento das conclusões apresentadas no resultado final da revisão sistemática, os artigos em duplicata foram devidamente eliminados, suprimindo fontes de possíveis erros.

Na segunda etapa de aplicação dos critérios de exclusão dos artigos, no Mendeley, após eliminação de artigos duplicados, apenas os resumos e títulos foram lidos de forma dinâmica a fim de selecionar os que realmente teriam alinhamento com a pergunta motivadora. Assim, foram selecionados os ensaios e os trabalhos onde se tratassem de compósitos poliméricos sem a participação do cimento, já que se trata de um dos pilares do trabalho atual, visando a produção de um compósito “verde” e ecologicamente correto.

Os artigos que despertassem algum tipo de dúvida, partiriam para a etapa final de triagem para, através da leitura completa, chegar-se a uma conclusão mais assertiva acerca da elegibilidade do mesmo em etapas posteriores.

É importante justificar que não houve a priorização na utilização do critério de estudos publicados apenas nos últimos 5 anos, uma vez que limitaria ainda mais a busca por artigos dentro do tema, pois o desenvolvimento de compósitos poliméricos, ainda que insuficiente, é um tópico que vem evoluindo desde 1950, aproximadamente (Niaki, Ahangari e Pashaian, 2022).

Depois da leitura dinâmica dos títulos e resumos, a análise passou a ser mais aprofundada com a leitura completa dos artigos pré-selecionados observando a relevância e impactos desses estudos, além de perceber se os seus objetivos eram similares aos objetivos propostos no estudo atual. Para isso, um crivo crítico de análise foi necessário para avaliar a real utilidade do artigo na pesquisa, uma vez que muitos artigos captados eram relacionados à compósitos poliméricos com destinação à biomedicina, ou à blendas da engenharia de materiais. Por isso, ao fim do estudo, percebeu-se a insipiência ainda no tema pesquisado.

2.3 Extração dos dados e síntese

No estágio da extração dos dados, os artigos selecionados foram revistos atentamente, a fim da obtenção de dados relevantes relacionados à pergunta de interesse e preferencialmente que contemplassem ensaios similares aos propostos neste trabalho. Os dados qualitativos e quantitativos foram extraídos em planilhas de acordo com os tópicos primordiais.

Em cada artigo, a seleção de dados relevantes para este trabalho, foi um ponto sensível, procurando identificar o polímero específico e a proporção usada em cada mistura. Adicionalmente, saber quais os componentes secundários (agregados) utilizados na mistura também se torna importante em termos de comparação. Sobre a metodologia, além dos ensaios, é imprescindível destacar a temperatura, pressão e tempo em que é feita a moldagem das amostras de cada estudo. Os ensaios mais visados para a análise nesse estudo foram a resistência à compressão, a resistência à tração, a resistência à flexão, os ensaios de abrasão (desgaste), as análises térmicas envolvendo DTA (análise térmica diferencial), análise termogravimétrica (TGA) e termogravimetria derivada (DTG), a absorção de água e análises microscopia eletrônica de varredura (MEV). Ademais, o objetivo de cada estudo e suas principais conclusões foram tomadas nota a fim de corroborar com a síntese final desta revisão sistemática.

3 RESULTADOS DA REVISÃO

Na Tabela 3 abaixo é possível notar que a pesquisa no geral retornou uma captação de 18798 artigos, que é resultado das 8 combinações de termos de busca escolhidos, dos quais restaram 7496 após a aplicação do primeiro filtro relacionado aos estudos focados na área de engenharia. Esse foi o filtro que mais eliminou artigos da pesquisa. Após essa primeira seleção, os 6 critérios restantes foram aplicados conforme destacado na Figura 1.

Tabela 3 - Estudos da pesquisa na base de dados

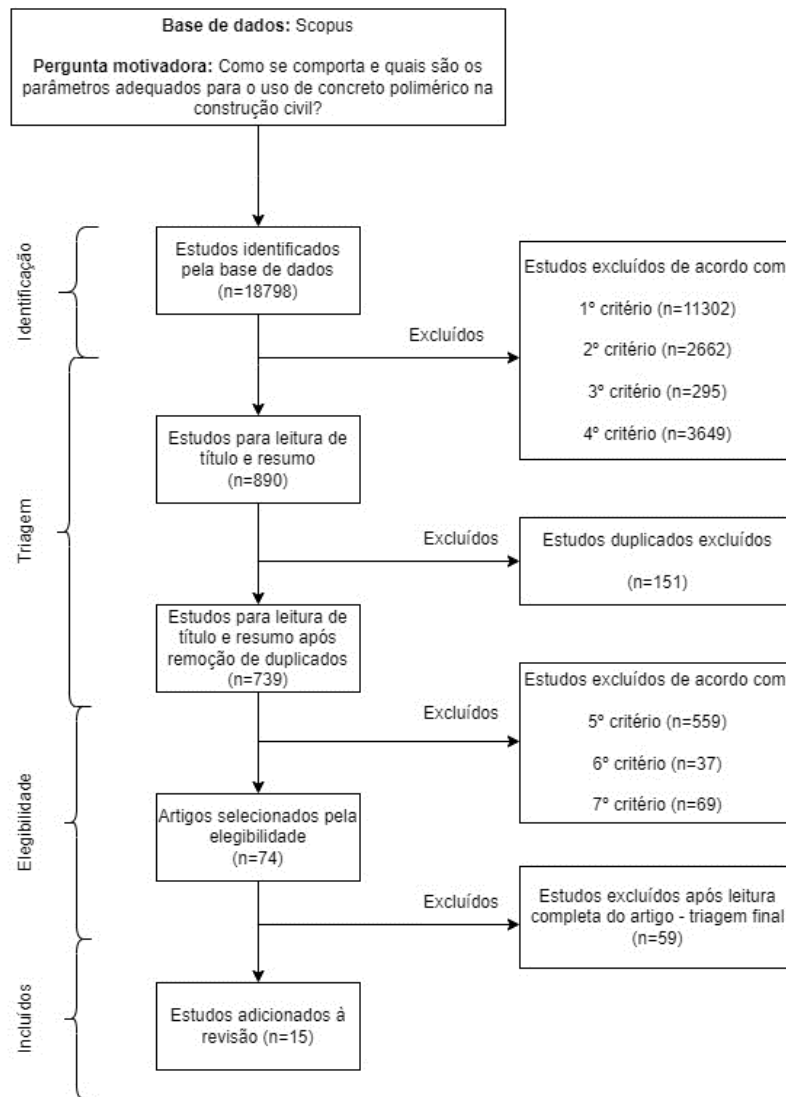
Pesquisas realizadas	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Artigos no Scopus	13732	540	78	358	1347	832	65	1846	18798
Artigos após foco na área de Engenharia	5238	406	56	225	500	345	43	683	7496
Excluídos	8494	134	22	133	847	487	22	1163	11302

Fonte: A autoria própria.

Assim sendo, após a limitação à área de estudo da engenharia e passar pela triagem inicial de mais 3 critérios, sendo eles a limitação a artigos publicados em revistas (journal papers), trabalhos em língua inglesa e artigos disponíveis completos gratuitamente online, além da remoção de trabalhos duplicados, restaram 739 estudos para leitura de título e resumo para que passassem pela análise dos critérios 5 a 7, que envolvem a relação com a pergunta motivadora, os ensaios incluídos e a não inclusão do cimento Portland.

Finalmente, após a aplicação de todos os filtros destacados e feita a triagem final através da leitura completa dos artigos, foram selecionados 15 estudos que tratam de diferentes metodologias de compósitos poliméricos na engenharia.

Figura 1 – Fluxograma da revisão sistemática



Fonte: Autoria própria.

3.1 Caracterização dos Estudos

A Tabela 4 apresenta os artigos selecionados para compor esta revisão sistemática. Os autores, ano de publicação e o título são destacados nas colunas da tabela, e serão utilizados na identificação dos estudos no decorrer do texto.

Tabela 4 - Estudos selecionados para revisão sistemática

Ref.	Citação	Título
1	Fomina & Khozin (2021)	Compatibilization of polymer mixtures during processing of waste products from thermoplastics
2	Azeko <i>et al.</i> (2023)	Eco-friendly green composites reinforced with recycled polyethylene for engineering applications

Ref.	Citação	Título
3	Salaou <i>et al.</i> (2021)	Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Laterite Masonry Bricks
4	Sarkar <i>et al.</i> (2008)	Polypropylene-clay composite prepared from Indian bentonite
5	Phuong <i>et al.</i> (2010)	Relationship between fiber chemical treatment and properties of recycled pp/bamboo fiber composites
6	Gupta <i>et al.</i> (2012)	Mechanical, Thermal Degradation, and Flammability Studies on Surface Modified Sisal Fiber Reinforced Recycled Polypropylene Composites
7	Kiruthika <i>et al.</i> (2021)	Different aspects of polyester polymer concrete for sustainable construction
8	Lee <i>et al.</i> (2015)	Manufacture of polymeric concrete on the Moon
9	Romero <i>et al.</i> (2018)	Experimental assessment of the heal-ability of a polymer bonded sand
10	Miranda <i>et al.</i> (2017)	Solar bricks for lunar construction
11	Piratelli-Filho & Shimabukuro (2008)	Characterization of compression strength of granite-epoxy composites using design of experiments
12	Carvalho <i>et al.</i> (2018)	Novel Artificial Ornamental Stone Developed with Quarry Waste in Epoxy Composite
13	Gonçalves <i>et al.</i> (2014)	Mechanical properties of epoxy resin based on granite stone powder from the Sergipe fold-and-thrust belt composites
14	Oh <i>et al.</i> (2021)	Sectioned processing of compaction self-assembly of an ultralow-binder-content particulate composite
15	Silva <i>et al.</i> (2023)	Characterization of artificial stone developed with granite waste and glass waste in epoxy matrix

Fonte: Autoria própria.

3.2 Caracterização Metodológica

Dos artigos selecionados, nota-se que o intuito de aplicação do compósito polimérico para a indústria da construção civil representa cerca de 60% das pesquisas aqui consideradas, ou seja, a maior parte dos artigos são destinados ao desenvolvimento de novos materiais, sejam eles propostos para o uso na construção lunar ou no planeta terra. Apenas 1 artigo foi com destinação de uso na engenharia mecânica e outros 5 sem especificação de uso.

Observa-se também, o quanto ainda é insipiente o tema de compósitos poliméricos sem a adição do cimento Portland com o intuito da substituição de materiais na construção civil, lembrando que na pesquisa inicial foram captados mais de 18000 artigos que pudessem ter alguma relação com compósitos poliméricos. No

entanto, tão poucos chegaram a responder de fato a pergunta motivadora do trabalho. Por isso, pode-se dizer que o estudo de concretos e/ou compósitos poliméricos possui um potencial de exploração ainda crescente.

Diferentes tipos de polímeros foram aplicados em cada compósito, dentre eles, as resinas poliméricas, polímeros em pó, em grânulos fundidos, polímeros reciclados e até fibras de polímero, podendo ainda ser polipropileno (PP), polietileno (PE), resina epóxi, resina isoftálica ou politereftalato de etileno (PET). Apesar do estudo atual ser focado no uso do polipropileno reciclado, teve que ser considerada uma ampliação na busca de artigos com o uso do termo polimérico para que não ficássemos tão limitados nas comparações, reforçando mais uma vez a lacuna existente na literatura do tema abordado.

Nos estudos apresentados, nota-se uma variedade de integrantes complementares da mistura, que podemos chamar de agregados. Nos artigos, observa-se a aplicação do polímero com farinha de calcário, laterita, argila, fibras variadas, pó de granito e areias de diferentes graduações, mostrando o quão diversificadas são as aplicações em compósitos poliméricos. Percebe-se que geralmente quando o compósito é destinado à aplicação em construção civil, os agregados utilizados são agregados graúdos oriundos de britas, miúdos, fillers ou residual de materiais da própria construção.

Acerca da metodologia de moldagem das amostras de cada estudo, verifica-se que quando se trata de um estudo em que é necessária a fundição do elemento aglutinante (geralmente o polímero), a conformação do corpo de prova se dá através de temperaturas acima de 130 °C. Já as pressões aplicadas durante a conformação, se revelam com valores bastante distintos, variando de 0,000013 MPa (Lee *et al.*, 2015) até 100 MPa (Oh *et al.*, 2021). Tal variação na metodologia é frequentemente encontrada nesse tipo de estudo, pois cada autor vai priorizar uma determinada característica no seu compósito, levando a diferentes teores de vazios, que influencia diretamente na densidade e compacidade e resistência mecânica almejada. Constata-se também a tendência de maiores tempos de aplicação da força quando se tem menores valores de pressão.

É possível perceber que 60% dos artigos captados na busca incluem o ensaio de resistência à compressão, 40% o ensaio de tração e 46,7% o ensaio de flexão, no qual é extraída a informação da resistência à tração de forma indireta, ou seja, os ensaios mecânicos se revelam como uma análise essencial dentro do estudo e

desenvolvimento de compósitos poliméricos, visando trazer o comparativo quando submetidos a diferentes forças e formas de atuação dessas forças de acordo com sua aplicação na vida prática do compósito.

Para a caracterização física, a absorção de água e análise através de imagens de microscopia, seja ótica ou eletrônica de varredura, são geralmente as mais utilizadas e foram também adotadas no estudo atual, por isso foi concordado ser importante destacar quantos e quais estudos trariam também essas análises. Portanto, vê-se que 20% dos estudos incluídos na revisão incluem o ensaio de absorção de água, enquanto 66,7% trazem a análise microscópica como meio de comparação dos arranjos das partículas e interações entre elas, além da aglutinação e envolvimento dos agregados pelo polímero na mistura. Por fim, a análise térmica é a análise responsável pela compreensão da decomposição dos componentes da mistura, envolvendo os ensaios DTA, TGA e DTG, em que estiveram presentes em 13,3% dos estudos.

Tais condições corroboram com a falta de avaliação complementar em compósitos poliméricos envolvendo os ensaios de caracterização física e de resistência mecânica.

3.3 Parâmetros analisados

No que diz respeito aos critérios examinados nas pesquisas, nota-se uma variação no comportamento em relação aos estudos, visto que cada pesquisa adota uma abordagem metodológica distinta para abordar o tema, resultando na análise de diferentes critérios. Contudo, mesmo diante das abordagens divergentes, diversos critérios se manifestam de maneira recorrente em muitos dos trabalhos, refletindo os principais mecanismos de resistência associados aos concretos poliméricos.

Por isso, para a análise de cada parâmetro em particular, será discutido um comparativo dos dados extraídos de cada artigo presente na revisão sistemática a fim de que possamos confrontar os conhecimentos de cada estudo e compor uma concepção geral do desenvolvimento de concretos poliméricos.

Os valores de resistência à compressão variaram de 0,8 MPa a 114,23 MPa, números bastante expressivos. No entanto, os valores mais elevados são referentes a estudos realizados com a mistura de resinas poliméricas, que apesar de serem estudos bastante interessantes e presentes na literatura, não se utilizaram de polímeros reciclados com a necessidade de aquecimento e fundição do elemento

ligante. Isso porque quando se tem mais fatores que possam influenciar no processo de manufatura dos corpos de prova para os ensaios, como a temperatura utilizada, a pressão e o tempo decorrido no processo, existem maiores variações positivas e negativas possíveis de influenciarem os resultados da resistência mecânica. Dito isto, espera-se, portanto, que o bloco que será desenvolvido na pesquisa atual atinja um valor por volta de 10 a 25 MPa, baseando-se nos estudos de Azeko *et al.* (2023), Lee *et al.* (2015) e Miranda *et al.* (2017), que apesar de trabalharem com o polietileno mas utilizaram metodologias semelhantes na moldagem dos corpos de prova.

Quanto aos dados referentes à resistência à tração direta e indiretamente, pode-se inferir que os valores variaram de 0,37 MPa (Salaou *et al.*, 2021) a 43 MPa (Sarkar *et al.*, 2008) de acordo com a metodologia e materiais adotados. Vale lembrar que a razão da resistência à compressão pela resistência à tração, com a exceção do estudo de Salaou *et al.* (2021), foi acima de 10%, o que mostra a capacidade do concreto polimérico de ultrapassar as barreiras das limitações impostas pelo cimento Portland.

A comparação entre os artigos mostrou o quanto a interferência polimérica pode ser eficaz na redução da porosidade através da redução do quanto é absorvido de água nos compósitos estudados, apresentando valores de 0,13 a 0,35% de absorção de água apenas (Silva *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2018). Tais resultados demonstram o quanto esses compósitos estão bem adensados e com baixo índice de vazios, se revelando adequados e preparados para aplicação na construção, uma vez que um dos grandes problemas na construção é a percolação de água através dos vazios existentes nas estruturas, permitindo a formação de cânulas de água no interior dos compósitos.

Na análise microscópica, diversas conclusões podem ser tomadas através da análise das imagens geradas pela interação entre a matriz e seus componentes. Azeko *et al.* (2023), por exemplo, chegou a perceber excelente ligação entre a matriz e o reforço de polietileno, mostrando que com essas espécies de “pontes”, haveria um impedimento para a propagação de fissuras nos compósitos e que sem essa ligação do polímero, a ligação entre partículas de laterita produziria diversas microfissuras no compósito.

A problemática das microfissuras também é destacada no estudo de Carvalho *et al.* (2018) na interface partícula/epóxi, tendendo a promover o descolamento interfacial, responsável pela falha prematura das pedras artificiais.

Outros estudos, como Phuong *et al.* (2010) e Gupta *et al.* (2012) focam na interferência que componentes como compatibilizantes ou tratamentos superficiais possam ter na adesão da interface das duas fases existentes nos compósitos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura, abordando os ensaios que avaliam a resistência à compressão, tração, flexão, abrasão, absorção, bem como análises térmicas e microscópicas aplicadas aos diferentes tipos de concretos poliméricos discutidos nos estudos selecionados. Foram realizadas análises qualitativas, centradas especialmente na comparação de dados e parâmetros relacionados aos compósitos poliméricos. Desta forma, as principais conclusões derivadas desta revisão são:

- Em resposta à pergunta motivadora: o concreto polimérico se comporta na maior parte dos casos substituindo a aplicação do concreto de matriz cimentícia trazendo diversas vantagens, como também pontos que ainda precisam ser mais bem estudados, como é o caso da sua produção em larga escala a fim de atender a indústria da construção civil de forma mais ampla. Dentre as vantagens estão a resistência à compressão de valores equivalentes quando se fala em estrutura, além de baixíssima absorção de água, trazendo melhorias às construções, evitando a problemática da percolação de água ou acúmulo de umidade, principalmente em regiões úmidas e de períodos chuvosos mais intensos. Outro destaque é a capacidade de reutilização e reciclagem de distintos polímeros e torná-los primordiais em uma mistura. Os parâmetros adequados para o uso de concreto polimérico na construção civil seriam uma abrasão e absorção mínima, além de elevadas resistência à compressão e tração, resultados de uma interação microscópica que através de pontes e envolvimento adequados, ocorram a aglutinação das partículas juntamente com os polímeros.

- O contexto de motivação dos trabalhos possui cunho essencialmente prático e experimental motivado por aplicações já recorrentes. Nesse sentido, os compósitos poliméricos já se apresentam como bem estabelecidos em literatura, principalmente quando se trata de resinas e fibras poliméricas, mas não em utilização ainda. Nota-se finalmente que o nicho específico de compósitos poliméricos misturados à quente, como uma vertente dos concretos poliméricos, ainda têm muito a ser explorado e experimentado, tanto no trato metodológico, como nos resultados esperados e

aplicações. Porém, resultados promissores já são vislumbrados pelos estudos aqui apresentados até agora.

- O panorama geral dos concretos poliméricos envolve a resistência à compressão mediana de 40 MPa, resistência à tração direta de 21 MPa, à tração na flexão de 21 MPa, abrasão de 1 a 3%, e absorção em torno de 0,25%. Tais resultados apresentam uma variação considerável, porém resume-se aqui o esperado para o estudo desenvolvido.

- Das significativas correlações estabelecidas entre as variáveis, destacam-se as evidências de pontes de ligamento entre as partículas na microscopia afetando diretamente no comportamento mecânico e físico dos compósitos, através da interferência na resistência à compressão com a absorção e porosidade. A aglomeração dos agregados dificultando a interação com a matriz resulta em propriedades mecânicas inferiores. Portanto, percebe-se a importância da aderência entre os componentes e adequada densidade do compósito, focando em uma metodologia específica, onde a graduação dos componentes também desempenha um papel significativo nos resultados.

- Por fim, apesar da grande heterogeneidade dos resultados, foi possível a elaboração de um cenário ótimo esperado para o compósito polimérico baseado em polipropileno reciclado misturado à quente proposto.

AGRADECIMENTOS

Se houver agradecimentos, estes devem ser inseridos após as conclusões (ou considerações finais).

REFERÊNCIAS

Azeko, S. T., Mensah, J. K., Arthur, E. K., Abiwu, N., Flomo, M. K., Boadu, J. A., Yamba, P., Larson, E. A., Akayeti, A., Satankar, R. K., & Annan, E. (2023). Eco-friendly green composites reinforced with recycled polyethylene for engineering applications. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(4), 2431–2441. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01701-z>.

Carvalho, E. A. S., Vilela, N. de F., Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., & Silva, L. C. da. (2018). Novel artificial ornamental stone developed with quarry waste in epoxy composite. *Materials research*, 21(suppl 1). <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-1104>.

Fomina, N. N., & Khozhin, V. G. (2021). Compatibilization of polymer mixtures during processing of waste products from thermoplastics. *Nanotechnologies in*

- Gonçalves, J. A. V., Campos, D. A. T., Oliveira, G. de J., Rosa, M. de L. da S., & Macêdo, M. A. (2014). Mechanical properties of epoxy resin based on granite stone powder from the Sergipe fold-and-thrust belt composites. *Materials research*, 17(4), 878–887. <https://doi.org/10.1590/s1516-14392014005000100>.
- Gupta, A. K., Biswal, M., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2012). Mechanical, thermal degradation, and flammability studies on surface modified sisal fiber reinforced recycled polypropylene composites. *Advances in Mechanical Engineering*, 4, 418031. <https://doi.org/10.1155/2012/418031>.
- Kiruthika, C., Lavanya Prabha, S., & Neelamegam, M. (2021). Different aspects of polyester polymer concrete for sustainable construction. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1622–1625. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.766>.
- Leal Da Cruz Silva, T., Santos Carvalho, E. A., Sales Barreto, G. N., Perim da Silva, T. B., João da Cunha Demartini, T., & Fontes Vieira, C. M. (2023). Characterization of artificial stone developed with granite waste and glass waste in epoxy matrix. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 2528–2538. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.08.045>.
- Oh, K., Yi, H., Kou, R., & Qiao, Y. (2021). Sectioned processing of compaction self-assembly of an ultralow-binder-content particulate composite. *Composites Communications*, 23(100588), 100588. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100588>.
- Phuong, N. T., Sollogoub, C., & Guinault, A. (2010). Relationship between fiber chemical treatment and properties of recycled pp/bamboo fiber composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(21), 3244–3256. <https://doi.org/10.1177/0731684410370905>.
- Piratelli-Filho, A., & Shimabukuro, F. (2008). Characterization of compression strength of granite-epoxy composites using design of experiments. *Materials research*, 11(4), 399–404. <https://doi.org/10.1590/s1516-14392008000400003>.
- Romero, L., II, Cortes, D. D., & Valdes, J. R. (2018). Experimental assessment of the heal-ability of a polymer bonded sand. *Construction and Building Materials*, 166, 610–617. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.184>.
- Salaou, N. M. L., Thuo, J., Kabubo, C., & Gariy, Z. A. (2021). Performance of polypropylene fibre reinforced laterite masonry bricks. *Civil Engineering and Architecture*, 9(7), 2178–2186. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090707>.
- Sarkar, M., Dana, K., Ghatak, S., & Banerjee, A. (2008). Polypropylene-clay composite prepared from Indian bentonite. *Bulletin of Materials Science (India)*, 31(1), 23–28. <https://doi.org/10.1007/s12034-008-0005-5>.
- Sik Lee, T., Lee, J., & Yong Ann, K. (2015). Manufacture of polymeric concrete on the Moon. *Acta Astronautica*, 114, 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.04.004>.

Varela Miranda, L., Valdes, J. R., & Cortes, D. D. (2017). Solar bricks for lunar construction. *Construction and Building Materials*, 139, 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.029>.