

DESENVOLVIMENTO DE TIJOLOS COMPÓSITOS COM RESÍDUOS POLIMÉRICOS – UM FOCO NA ECONOMIA CIRCULAR

DEVELOPMENT OF COMPOSITE BRICKS WITH POLYMERIC WASTE – A FOCUS ON THE CIRCULAR ECONOMY

DESARROLLO DE LADRILLOS COMPUESTOS CON RESIDUOS POLIMÉRICOS: UN ENFOQUE EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

Nisiely Grellman Pacheco¹, Edson Luiz Franciachetti², Mara Zeni Andrade³, Ana Maria Coulon Grisa⁴

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3785

Recibido: 12/11/2025 | Aceptado: 13/11/2025 | Publicación en línea: 09/12/2025.

RESUMO

Os polímeros são materiais multifacetados e indispensáveis ao desenvolvimento humano, devido à sua versatilidade, resistência e baixo custo. Contudo, o descarte inadequado de resíduos plásticos pós-consumo, em virtude da limitada reciclagem e gestão deficiente, gera poluição ambiental global, impactando a saúde humana. A aplicação de resíduos plásticos como material de construção emerge como uma solução para reinserção produtiva, alinhada à economia circular e ao desenvolvimento socio e econômico. Este estudo desenvolveu tijolos a partir de compósitos com resíduos poliméricos pós-consumo (PE, PP, entre outros) e areia. Os tijolos confeccionados a partir de 100, 50, 33, 25 e 20% de resíduos poliméricos com a areia no compósito polímero-cerâmico exibiram desempenho satisfatório nos parâmetros avaliados, indicando seu potencial como material alternativo e inovador, capaz de promover a sustentabilidade, reduzir o impacto ambiental e fortalecer a economia circular.

Palavras-chave: Compósito. Areia. Resíduos Poliméricos. Economia Circular.

ABSTRACT

Polymers are multifaceted materials indispensable to human development due to their versatility, resistance, and low cost. However, the inadequate disposal of post-consumer plastic waste, due to limited recycling and poor management, generates global environmental pollution, impacting human health. The application of plastic waste as a building material emerges as a solution for productive reintegration, aligned with the circular economy and socio-economic development. This study developed bricks from composites with post-consumer polymer waste (PE, PP, among others) and sand. The bricks made from 100, 50, 33, 25 and 20% polymer waste with sand in the

¹ Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: nisiely.pacheco@farroupilha.ifrs.edu.br

² Doutor em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: edson.franciachetti@farroupilha.ifrs.edu.br.

³ Doutora em Ciências Químicas, Università di Milano, Milão, Itália. E-mail: mzandrad71@gmail.com
Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6562-3706>

⁴ Doutora em Ciências Químicas, Universita di Leon, Espanha. E-mail: ana.grisa@gmail.com

polymer-ceramic composite showed satisfactory performance in the evaluated parameters, indicating their potential as an alternative and innovative material capable of promoting sustainability, reducing environmental impact, and strengthening the circular economy.

Keywords: Composite. Sand. Polymer Waste. Circular Economy.

RESUMEN

Los polímeros son materiales multifacéticos indispensables para el desarrollo humano debido a su versatilidad, resistencia y bajo costo. Sin embargo, la inadecuada gestión de los residuos plásticos posconsumo, derivada del reciclaje limitado y la mala gestión, genera contaminación ambiental global, con repercusiones en la salud humana. La aplicación de residuos plásticos como material de construcción surge como una solución para la reintegración productiva, en consonancia con la economía circular y el desarrollo socioeconómico. Este estudio desarrolló ladrillos a partir de compuestos de residuos poliméricos posconsumo (PE, PP, entre otros) y arena. Los ladrillos fabricados con 100, 50, 33, 25 y 20 % de residuos poliméricos con arena en el compuesto polímero-cerámica mostraron un rendimiento satisfactorio en los parámetros evaluados, lo que indica su potencial como material alternativo e innovador capaz de promover la sostenibilidad, reducir el impacto ambiental y fortalecer la economía circular.

Palabras clave: Compuesto. Arena. Residuos Poliméricos. Economía Circular.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A importância dos materiais poliméricos na sociedade moderna é inquestionável, trazendo benefícios associados à sua versatilidade e baixo custo (Bourguignon, 2018; Voet *et al.*, 2021). Em um levantamento bastante abrangente sobre o tema, Geyer, Jambeck e Law (2017) estimaram que, de todo o lixo plástico já gerado pela humanidade, apenas 9% foi efetivamente reciclado, enquanto 79% foi acumulado no ambiente ou em aterros. Projeções indicam que os fluxos anuais de resíduos plásticos no ambiente podem triplicar até 2040, com um crescimento exponencial previsto em regiões da Ásia e África até 2060 (Gounden; Mwangi; Mohan, 2022; OECD, 2022). Simultaneamente, o setor da construção civil, embora essencial para a economia, é o maior consumidor de matérias-primas do planeta. Seus materiais convencionais mais importantes, o tijolo cerâmico e o concreto, possuem impactos ambientais significativos. A produção cerâmica envolve a extração de argila e processos de queima que geram poluição atmosférica, enquanto a indústria cimenteira é uma das maiores fontes antropogênicas de CO₂, com emissões anuais que

chegam a 2,1 mil milhões de toneladas (Awoyera; Adesina, 2020; Lima; Gutjahr; Pontes, 2021; Chaudhury; Sharma, 2023).

Diante da necessidade de garantir infraestrutura para uma população crescente, de forma sustentável, a economia circular surge como um paradigma indispensável. Este modelo propõe sistemas restaurativos e regenerativos, nos quais os resíduos são reintegrados à cadeia produtiva, eliminando a poluição e permitindo a regeneração dos sistemas naturais, através da aplicação desses resíduos em produtos de longa vida útil (Zeifman *et al.*, 2022; Cimen, 2021; Reddy *et al.*, 2020[10]; Iswa, 2022).

As pesquisas utilizaram resíduos poliméricos (RPs) pré separados e devidamente higienizados, o que envolve custos e impacto ambiental. Neste contexto, este trabalho difere, pois, investiga a possibilidade da aplicação de resíduos poliméricos mistos como matéria-prima, sem lavagem prévia, para a obtenção de um compósito com areia, que apresente bom desempenho estrutural e menor impacto ambiental.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um compósito de areia e resíduo polimérico misto pós consumo, para fabricação de tijolos sustentáveis e de alto desempenho, inseridos na temática da economia circular. Investigar a influência da proporção de uma mistura de resíduos poliméricos (RPs) e areia nas propriedades mecânicas (resistência à compressão, dureza), físicas (densidade, absorção de água) do compósito resultante.

REFERENCIAL TEÓRICO

O plástico é um componente importante do lixo global e, de acordo com Iswa, (2022), o plástico representa 12% do total de resíduos gerados em peso. O plástico tem sido amplamente utilizado porque oferece inúmeras vantagens, como menor custo de produção e processamento, peso leve, transformação em diferentes formas, durabilidade e facilidade de uso. No entanto, os resíduos plásticos apresentam inúmeros problemas ambientais, pois não são biodegradáveis.

Os resíduos plásticos persistem, resultando em poluição por microplásticos, perda de biodiversidade, e contaminação das águas subterrâneas. Os resíduos de plástico são destinados aos aterros sanitários ou são reciclados.

O ciclo de vida dos plásticos, que vai da produção ao descarte, frequentemente culmina em aterros ou incineração, com apenas uma fração minoritária sendo reciclada (Bucknall, 2020). Essa limitação na recuperação faz com que a acumulação de resíduos poliméricos no ambiente

seja crescente, configurando-se como um desafio global (WWF, 2019).

Desde a antiguidade, os tijolos de argila foram aprimorados com a queima em fornos, o que lhes conferiu maior resistência e durabilidade (Sales *et al.*, 2022). O tijolo de argila, que ainda é o mais utilizado no Brasil, é feito de um recurso natural não renovável (Sodré, 2014; Almssad; Almusaed; Homod, 2022). O processo tradicional de produção, que inclui a extração da argila e a queima em fornos, gera severos impactos ambientais. A excelência da areia como agregado reside em sua estabilidade termoquímica, sendo utilizada nas obras de engenharia civil, aterros, execução de argamassas, concretos e também na fabricação de vidros. Um material compósito é feito pela combinação de dois ou mais materiais que são mutuamente insolúveis, misturando-os ou unindo-os de tal forma que cada um mantenha sua integridade. Esses materiais individuais podem ser metais, cerâmicas e/ou polímeros.

O objetivo deste projeto de um compósito é atingir uma combinação de propriedades que não é exibida por qualquer material isolado e também, incorporar as melhores características de cada um dos materiais que o compõe (Dowling, 2013) que é justamente o propósito do presente trabalho.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa, foram utilizados resíduos poliméricos em forma de *pellets* de polietileno (PE) e polipropileno (PP), sendo basicamente formados por aparas de rebarbas e embalagens trituradas fornecidos pela empresa Master Reciclar- Guaporé, RS, Brasil. A areia natural de rio foi adquirida no Farrapos Materiais de Construção em Farroupilha/RS.

A análise granulométrica da areia foi realizada conforme norma ABNT NBR 7211-Agregados para concreto (ABNT 2022), com auxílio de peneiras com abertura de malha de 100 mesh Tyler a partir do Classificador Produtest, com frequência de vibração de 10 Hz, em um intervalo de tempo de 15 minutos.

A areia foi seca em estufa Quimis de circulação de ar forçado a 110°C por 2 horas e deixado esfriar à temperatura ambiente. A densidade da areia foi determinada pela NBR 16916 Agregado miúdo: Determinação da densidade e da absorção de água (ABNT, 2021), com auxílio de balança de precisão modelo Shimadzu UW6200 H. A densidade do agregado na condição saturada de superfície seca é calculada utilizando a Equação 1.

$$p_{sss} = \frac{mB}{V - V_a} \quad (1)$$

Onde:

p_{sss} é a densidade do agregado na condição saturada superfície seca, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);

mB é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas (g);

V é o volume do frasco calibrado, em centímetros cúbicos (cm^3);

V_a é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos (cm^3).

Os *pelletes* poliméricos (RP) PE e PP foram moídos em um moinho de facas da marca Marconi, modelo MA580. A Figura 1, mostra a imagem da areia, pellets de polímeros reciclados moídos e a mistura de RP com areia.

Figura 1- Imagens fotográficas dos materiais utilizados para a produção de tijolos:(areia), B (RP) e C (mistura areia e RP).



Fonte : O autor (2024)

A areia e os resíduos plásticos (RPs), foram pesados em uma balança analítica modelo Shimadzu UW6200H e posteriormente misturados. A mistura dos RP moídos com a areia foi realizada pelo processo de extrusão por fricção em um misturador intensivo tipo Driser para mistura e fusão. Essa técnica foi escolhida por sua comprovada eficiência energética e capacidade de processar resíduos plásticos heterogêneos sem degradação do material, conforme reportado por Ni *et al.*, 2024. Após a mistura e fusão o material foi vertido em um molde de madeira, untado com desmoldante de silicone, com formato retangular com dimensões de 105 mm x 75 mm x 35 mm, de comprimento, largura e altura respectivamente. O processo foi repetido e obtidos 5 corpos de prova para cada uma das misturas.

A importância da aplicação da proporção adequada para obter as melhores propriedades

mecânicas dos compósitos, a proporção de mistura RP/areia foi baseada em artigos de Ngayakamo 2025. A Tabela 1 apresenta a codificação, composição e tempo de misturas RP e areia.

Amostra RP/areia	Proporção RP/Areia (%)	Tempo Mistura (s)
A0	100/0	1:0 ± 15
A1	50/50	1:1 ± 45
A2	33/67	1:2 ± 60
A3	25/75	1:3 ± 75
A4	20/80	1:4 ± 90

Fonte: O autor (2025)

Após 24 horas em temperatura ambiente, os 25 corpos de prova, foram desmoldados e identificados de acordo com as proporções da areia utilizadas na Tab 1.

Teste da Dureza

A dureza dos corpos de prova foi determinada com um durômetro da Hartepufter, na escala de dureza Shore A, conforme ASTM D 2240

Densidade

A densidade volumétrica dos corpos de prova foi determinada através de ensaios não destrutivos, seguindo recomendações da NBR ISO 10545-3-2020 Placas cerâmicas - Parte 3.

Os corpos de prova foram secos em uma estufa modelo Masterlab por 24 horas a uma temperatura de 60°C, após este período os corpos de prova foram pesados em uma balança analítica modelo Shimadzu UW6200H com precisão de 0,01g para determinação da massa dos corpos de prova. Com auxílio de um paquímetro digital 200 mm da Mitutoyo, com precisão de 0,01mm. A obtenção das densidades volumétricas dos corpos de prova foi determinada conforme a Equação 2:

$$D'_{cp} = \frac{m'_{cp}}{V'_{cp}} \quad (2)$$

Onde:

D'_{cp} = densidade do corpo de prova (g/cm^3);

m'_{cp} = massa do corpo de prova (g);

V'_{cp} = volume do corpo de prova (cm^3).

Ensaio de Absorção de Água

As diferentes amostras de tijolos produzidos foram pesadas antes da imersão em água destilada por 24 h segundo norma NBR 15270-2-2023. Ao final do tempo estipulado, os tijolos foram retirados, secos com toalha e pesados novamente. A quantidade de água absorvida pelos tijolos foi calculada de acordo com a Equação 3:

$$A = \frac{(m2 - m1)}{m1} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

A é a absorção de água, expressa em porcentagem (%);

m1 é a massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g);

m2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

Teste de Resistência à Compressão

Os corpos de prova utilizados no ensaio de compressão foram faceados com o auxílio de uma retificadora. A resistência mecânica dos compósitos foi determinada através de ensaios de compressão mecânica segundo norma NBR 15270-2-2023: Os ensaios foram realizados em uma Máquina de Ensaio Universal (EMIC 20000), com célula de carga de 200 kN, com velocidade de ensaio de $5mm.min^{-1}$. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados em cinco corpos de prova de cada formulação. As dimensões dos corpos de prova foram medidas, com auxílio de um paquímetro Mitutoyo.

A resistência à compressão dos corpos de prova foi determinada através da Equação (4):

$$F_c = \frac{N}{A_i} \quad (4)$$

Onde:

F_c = é a resistência à compressão, em megapascal (MPa);

N = é a força máxima do carregamento, em newton (N);

A_i = é a área da seção transversal inicial das amostras em milímetros quadrados (mm²).

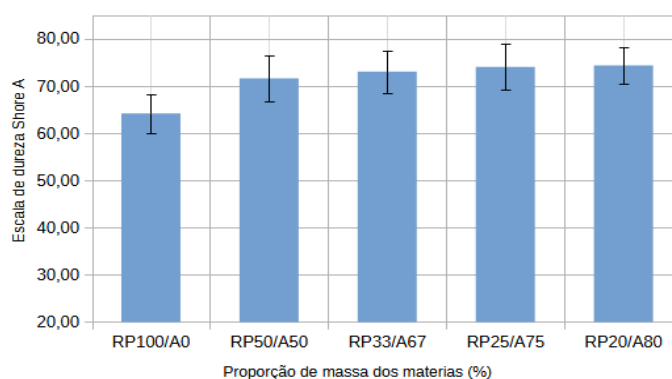
Análise Morfológica

A análise morfológica foi realizada em um Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM TM3000, Hitachi), operando com voltagem aceleradora de 15 Kv, preparado com uma fita de carbono, com ampliação de 300 x.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O módulo de finura da areia foi determinado conforme NBR 7211/2022, resultando em 2,16 na zona utilizável inferior, com o diâmetro máximo de 0,60 mm, caracterizada como areia fina. Os resultados dureza média dos tijolos são apresentados na Figura 2.

Figura 2- Dureza média (Shore A) dos tijolos (compósitos RP/areia)



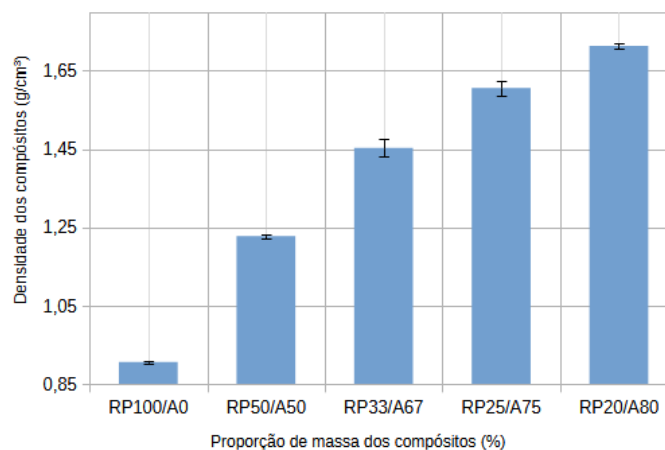
Fonte: O autor (2025)

A mistura com 100% de resíduo polimérico (RP/A0) apresentou 64,20 shore A, enquanto a mistura (RP50/A50) 71,63 shore A equivalente a 11,6% de acréscimo na dureza. Observou-se

que o aumento da quantidade de areia nas outras misturas promoveu um aumento de forma discreta. A dureza do compósito RP, aparentemente, está diretamente relacionada com o tamanho e a quantidade de partículas dispersas na matriz polimérica. Observou-se que a adição de areia proporcionou aumento da dureza da mistura. Padilha (2000) enfatiza que partículas de um material duro e rígido quando adicionadas a uma matriz dúctil contribuem para a melhora das propriedades mecânicas da mistura. A composição mineralógica das partículas tem papel fundamental na resistência à compressão, dureza, densidade e outras propriedades mecânicas, influenciando diretamente nas propriedades da mistura (Lopes; 2019).

Na Figura 3, observa-se que a densidade dos tijolos aumenta em função do aumento do teor de areia uma vez que areia é mais densa que o polímero. A amostra RP100/A0 com 100% de RP apresenta densidade, $0,91 \text{ g/cm}^3$ e a amostra, RP20/A080 densidade de $1,71 \text{ g/cm}^3$. Gouden *et al.* (2023) observaram que com o aumento do percentual de areia e a diminuição do polímero, a densidade aumentava devido as cargas reduzirem os vazios da matriz polimérica, proporcionando aumento da densidade das misturas, que possivelmente causará um efeito nas propriedades mecânicas.

Figura 3 -Densidade dos tijolos (RP/areia)



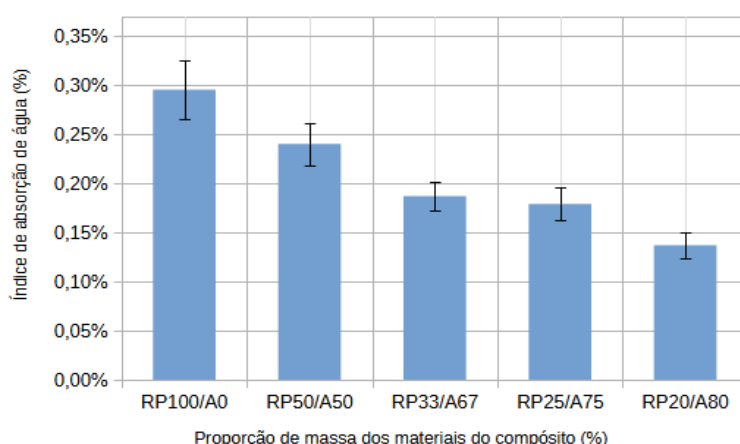
Fonte: O autor (2025)

A Figura 4 apresenta os resultados das propriedades de absorção de água de tijolos de RP/areia produzidos em diferentes proporções. O tijolo RP100/A0 apresentou uma média de 0,29% de absorção de água e RP20/80 0,14% de absorção de água, sendo que a absorção de água não alcançou 1% em nenhuma das composições. Solomon *et al.* (2023) destacam que tijolos plásticos com adição de areia quando apresentam absorção de água inferior a 0,70%, o índice de absorção

de água deve ser considerado nulo, o que garante aos tijolos uma maior resistência em temperaturas baixas pois não será afetado com o congelamento .

O ensaio de absorção de água revelou uma variação entre 0,15 e 0,31% nos tijolos, resultados que corroboram nos trabalhos de Padilha (2000). Segundo o autor, índices tão baixos de absorção se devem à estabilidade dos polímeros em meios líquidos, como água e os polímeros absorvem pequenas quantidades de água (cerca de 0,1 a 0,2% em 24 horas de exposição).

Figura 4 - Absorção de água dos tijolos (compósitos RP/areia)

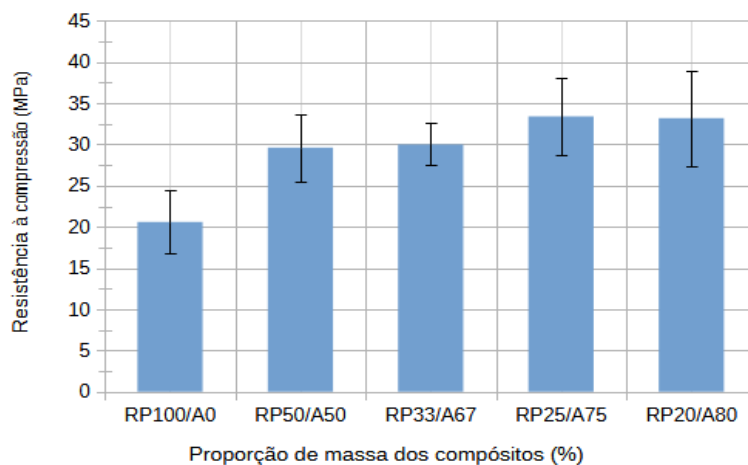


Fonte: O autor (2025)

De acordo Sahani *et al.* (2022) quando realizaram ensaios de absorção de água em tijolos de areia/plástica, em quaisquer proporções do polímero termoplástico, a absorção foi nula, devido ao plástico repelir as moléculas de água por ter natureza hidrofóbica. Os vazios são mínimos dentro do tijolo, devido a interação polímero/areia, não havendo absorção significativa de água.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2 e na Figura 5 os corpos de prova com 100% de RPs exibiram as maiores deformações antes da ruptura, seguidos pelas amostras com 50% e 33% de RPs, sugerindo que uma maior proporção de RPs confere maior ductilidade ao compósito. Segundo Amzah; Alkhafaj (2022) a resistência à compressão aumenta com o teor de areia.

Figura 5 -Resistência mecânica à compressão dos compósitos RP/areia



Fonte: O autor (2025)

Tabela 2: Resistência à compressão dos tijolos de RP/areia

Mistura RPs/areia (%)	Proporção RPs/Areia (massa)	A0 (%)	A1 (%)	A2 (%)	A3 (%)	A4 (%)	Desvio Padrão (±)	Resistência compressão (média) (MPa)
100/0	1:0	19	18	21	18	27	3,8	20,6
150/50	1:1	33	26	25	30	34	4,0	29,6
33/67	1:2	30	33	26	31	30	2,5	30,3
25/75	1:3	29	35	29	34	40	4,6	33,4
20/80	1:4	36	37	39	28	26	5,8	33,2

Fonte: O autor (2025)

A resistência à compressão é determinada principalmente pela concentração da areia, que atua como fase dispersa e atua como material de reforço e é fundamental para determinar a eficácia do compósito (Verma *et al.* (2013). O corpo de prova A3 (25% RPs e 75% areia) obteve o maior valor de resistência à compressão, com uma média de 33,40 MPa e um valor individual de 40 MPa (Tabela 2). O resultado obtido com esta proporção, é comparável, aos valores reportados na literatura, aos 30 MPa obtidos por Chauhan *et.al.* (2019). Aparentemente a adição da areia como reforço da matriz polimérica contribuiu com o aumento da resistência mecânica do compósito pois à medida que houve o incremento de areia, a resistência à compressão também aumentou em relação ao RPs puro, que apresentou a menor resistência (20,6 MPa)

Kumi-Larba *et al.* (2018) verificaram que os resíduos plásticos fundidos ao envolverem os grãos de areia, conferem a função aglutinante proporcionando a adesão entre o par areia/polímero com um resultado de resistência à compressão de 27,3 Mpa, quando utilizaram 25/75 respectivamente de polímero e areia. Observaram que a areia estava totalmente envolvida

pelo polímero fundido, promovendo uma ótima interação interfacial entre as partículas, o que ocasionou um menor índice de vazios (Gouden *et. al.* (2023).

Na Figura 6 se observa que as proporções de 1:3 e 1:4 RPs/A, tendem a estabilizar a resistência à compressão, e que possivelmente teores menores que 20% de polímero, podem acarretar a diminuição da resistência devido a fraca interação interfacial entre o polímero areia deixando o compósito frágil.

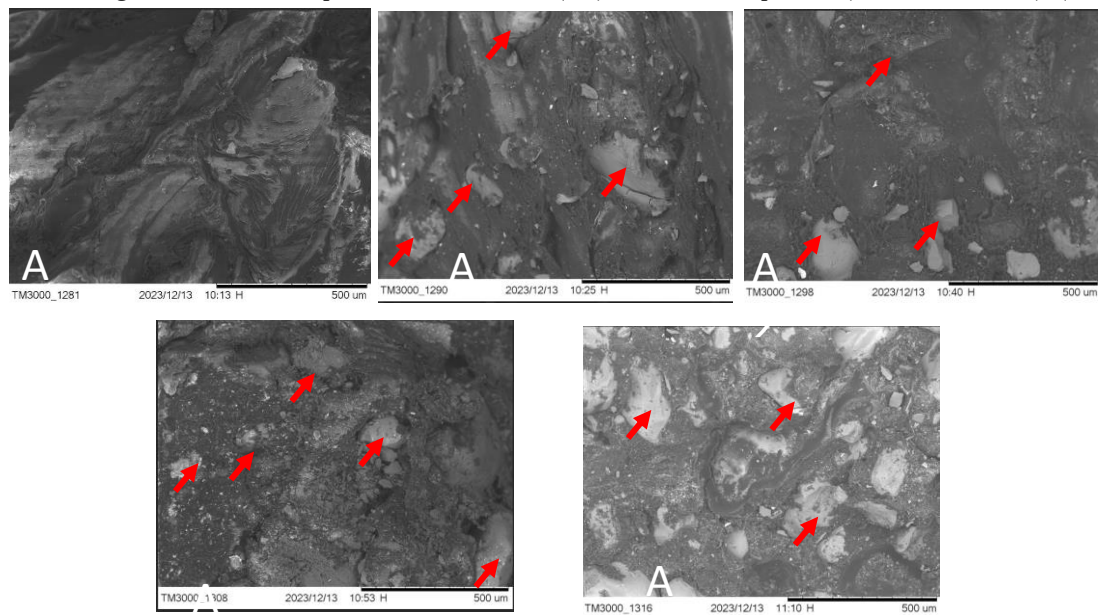
Ikechukwu e Shabangu (2022) observaram que a proporção de resíduo plástico menor que 20%, apresenta uma tendência de perda da conexão interfacial das partículas, mesmo com o aumento da densidade, pois verificaram que ‘a densidade dos tijolos pode estar relacionada à sua resistência, mas não de maneira direta e invariável o mesmo sendo observado por Gouden *et al.* (2024).

A alta resistência à compressão (33,4 MPa) alcançada utilizando uma matriz polimérica composta por uma mistura heterogênea e não triada de RPs, predominantemente PE e PP e um resultado significativo pois contraria um dos maiores desafios da reciclagem mecânica: a imiscibilidade entre poliolefinas. Conforme Schyns & Shaver (2021) a mistura de PE e PP normalmente resulta em um material com fases separadas e baixa adesão interfacial, comprometendo o desempenho mecânico.

Aparentemente a adição da areia como reforço da matriz polimérica contribuiu com o aumento da resistência mecânica do compósito pois à medida que houve o incremento de areia, a resistência à compressão também aumentou em relação ao RPs puro, que apresentou a menor resistência (20,6 MPa).

As Figuras 6, apresentam a análise morfológica dos tijolos RP/areia. Na Figura 6 A4, as superfícies de fratura dos compósitos apresentam evidências da presença de grãos de areia indicadas com seta vermelha. As misturas de RP/areia apresentam boa distribuição das partículas de areia na matriz polimérica, não se observa vazios intersticiais nas misturas, possivelmente devido a aderência do polímero fundido nos grãos de areia e o ancoramento mecânico das partículas na matriz pode ser evidenciado pelas partes brilhantes arredor dos grânulos.

Figura 6- Micrografia dos resíduos poliméricos fundidos (A0) e de seus compósitos (A0, A2; A3 e A4), (150 X).

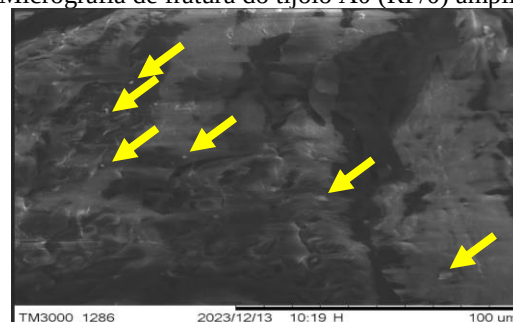


Fonte: O autor (2024)

Na Figura 6 se observa pequenas partículas dispersas no polímero possivelmente devido a contaminação do RP e o material de descarte ser misturas de termoplásticos, grânulos metálicos ou cargas de enchimento. As micrografias não apresentaram rachaduras ou trincas evidenciando que houve interação entre a matriz e a areia.

As morfologias das superfícies de fratura dos compósitos mostraram uma larga distribuição do tamanho de partículas de areia. O tamanho da partícula da areia, e a interação com a matriz são fatores importantes no comportamento mecânico, quanto menor o tamanho da partícula mais efetiva é a sua atuação como reforço para os compósitos (Hamzah ; Alkhafa., 2022).

Figura 7-Micrografia de fratura do tijolo A0 (RP/0) ampliado 5000X



Fonte: O autor (2024)

Na Figura 7 se observa pequenas partículas dispersas no polímero fundido, possivelmente devido a contaminação do resíduo polimérico uma vez que o mesmo é resíduo de descarte podendo ter contaminação por termorrígidos, grânulos metálicos ou cargas de enchimento, setas amarelas.

CONCLUSÃO

A adição de areia proporcionou aumento da dureza dos tijolos e que as partículas de um material duro e rígido adicionadas a uma matriz dútil contribui para a melhoria das propriedades mecânicas

No ensaio de absorção de água os tijolos obtiveram desempenho satisfatório, apresentando a absorção $\leq 20\%$ exigidos em norma e que atendem os requisitos normativos e corroboram para a sustentabilidade.

A resistência a compressão do compósito é determinada principalmente pela concentração de areia. As proporções 1:1 ou 1:2 (RP/A), oferecem desempenho mecânico superior (29,6 MPa e 30 MPa), maximizam a utilização de RPs e sua capacidade de distribuição de tensões, proporcionando maior estabilidade estrutural.

O desenvolvimento de um tijolo à base de areia e resíduo polimérico misto (compósito) demonstrou ser uma alternativa viável para a fabricação de tijolos sustentáveis de alto desempenho, alinhados com a temática da economia circular.

A pesquisa validou a possibilidade de utilizar resíduos poliméricos pós-consumo como aglutinante, que contribuem para a redução de custos e de impacto ambiental, mas também conferem ao material boas propriedades mecânicas.

O tijolo de areia e resíduos poliméricos mistos é uma solução promissora, promove a circularidade de materiais ao transformar resíduos em produtos de valor e atende aos critérios de desempenho técnico e sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERG e ao IFRS – Farroupilha pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ALMSSAD, A.; ALMUSAED, A.; HOMOD, R. Z. Masonry in the Context of Sustainable Buildings: **A Review of the Brick Role in Architecture. Sustainability** (Switzerland), v. 14 (22), p. 18, 2022.
- AWOYERA, P. O.; ADESINA, A. Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. **Case Studies in Construction Materials**, v. 12, p. 1–11, 2020.
- BOURGUIGNON, D. Plastics in a circular economy. **Implementing the Circular Economy for Sustainable Development**, September 2018, p. 1, 2018.
- BUCKNALL, D. G. Plastics as a materials system in a circular economy: **Plastics in the Circular Economy. Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 378 (2176), p. 1–35, 2020.
- CHAUDHURY, R.; SHARMA, U. Low-CO₂ emission strategies to achieve net zero target in cement sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 417, p. 1–8, 2023.
- CHAUHAN, S. S. et al. Fabrication and Testing of Plastic Sand Bricks. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**, v. 691, n. 1, p. 1–13, 2019.
- CIMEN, O. Resumo: Construção e ambiente construído na economia circular: uma revisão da literatura. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, p. 1–11, 2021.
- DOWLING, N. E. **Mechanical Behavior of Materials, Engineering Methods for Deformation, Fracture, and fatigue**. 4^a ed. Harlow, England: Pearson Education, 2013.
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, p. 1–5, 2017.
- GOUNDEN, K. et al. The use of recycled high-density polyethylene waste to manufacture eco-friendly plastic sand bricks. SPE. **Polymers**, v. 5(1), p. 20–34, 2023.
- GOUNDEN, K. et al. Improving the performance properties of plastic-sand bricks with Kaolin Clay. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1–24, 2024.
- HAMZAH, A. F.; ALKHAF AJ, R. M. An investigation of manufacturing technique and characterization of low-density polyethylene waste base bricks. **Materials Today: Proceedings**, v. 61, p. 724–733, 2022.
- IKECHUKWU, A. F.; SHABANGU, C. Strength and durability performance of masonry bricks produced with crushed glass and melted PET plastics. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, p. 1–15, 2021.
- ISWA. O Futuro Do Setor De Gestão De Resíduos: Tendências, Oportunidades e Desafios Para a Década (2021-2030). **International Solid Waste Association**, p. 1–30, 2022.
- KUMI-LARBI JR, A. et al. **Recycling waste plastics in developing countries**: Use of low-density polyethylene water sachets to form plastic bonded sand blocks. *Angewandte Chemie International Edition*, p. 1–25, 2018.
- LIMA, W. F. DE; GUTJAHR, A. L. N.; PONTES, A. N. Environmental impacts from pottery

activities in Brazilian regions. **Environmental Scientiae**, v. 3 (2), p. 13–17, 2021.

LOPES, H. M. T. **Aplicação do conceito de empacotamento de partículas na otimização de dosagem de concretos de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

NI, Y. *et al.* Toward recycling polyolefin wastes via single step solid state friction extrusion. **Polymer Engineering & Science**, v. 64 (7), p. 3379-3387, 2024.

Ngayakamo, B. H. Investigação de blocos de pavimentação de plástico e areia: uma solução sustentável usando resíduos plásticos reciclados. **Avanços Híbridos**, 2025.

OECD. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options Organization for Economic Co-operation and Development., **OECD publishing** Paris: 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/de747aef-en>>.

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia – estrutura e propriedades**. São Paulo: Hemus Editora, 2006.

REDDY, S. LAU, W. **Breaking the Plastic Wave: Top Findings for Preventing Plastic Pollution'**. Report by The Pew Charitable Trusts & SYSTEMIQ. 23rd July 2020. Disponível em [arch-and-analysis/articles/2020/07/23/breaking-the-plastic-wave-top-findings](https://www.arch-and-analysis.com/articles/2020/07/23/breaking-the-plastic-wave-top-findings), v. 23, p. 2020.

SAHANI, K. *et al.* Mechanical Properties of Plastic Sand Brick Containing Plastic Waste. **Advances in Civil Engineering**, p. 1–10, 2022.

SALES, J. G. *et al.* **Estudo comparativo sobre a utilização de blocos sustentáveis na construção civil**. São Judas - Unimonte, p. 1–28, 2022.

SCHYNS, Z. O. G.; SHAVER, M. P. Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A **Review**. **Macromolecular Rapid Communications**, v. 42 (3), p. 1–27, 2021.

SODRÉ, F. F. Química de Solos: Uma introdução. Grupo de Automação, Quimiometria e Química Ambiental. **Artigos Temáticos do AQQUA**, 1, p.17- 29, 2014.

SOLOMON, A. A.; SHELTON, J. DANIEL, C. **Turning low-density polyethylene plastic waste into plastics bricks for sustainable development**. Materials Today: Proceedings, 2023.

VERMA, D. *et al.* Coir fibre reinforcement and application in polymer composites: A review. **Journal of Materials and Environmental Science**, v. 4 (2), p. 263–276, 2013

VOET, V. *et al.* **Plastics in the Circular Economy**. 1ªed. Berlin, Germany: Gruyter, 2021. v. 1.

WWF. **Solving plastic Pollution: Transparency and Accountability**. WWF – World Wide Fund For Nature. – Formerly World Wildlife Fund), Gland, Switzerland, p. 1–50, 2019

ZEIFMAN, L. *et al.* **A World of 8 Billion**. United Nations Department of Economic and Social Affairs, v. 140, n. 140, p. 1–4, 2022.