PLÁSTICO RECICLADO DERRETIDO E RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE VEDAÇÃO.

Recycled plastic and construction and demolition waste for sealing bricks

David Gallinari da Costa Ferreira
CEFET-MG | Belo Horizonte, Minas Gerais | davidgallinari@cefetmg.br

Janaína Aguiar Park
CEFET-MG e IFMG | Belo Horizonte e Santa Luzia, Minas Gerais | janaina.park@ifmg.edu.br

Patrícia Santiago de Oliveira Patricio
CEFET-MG | Belo Horizonte, Minas Gerais | patricia@cefetmg.br

Flávia Spitale Jacques Poggiali
CEFET-MG | Belo Horizonte, Minas Gerais | flaviaspitale@cefetmg.br

Resumo

Na busca de iniciativas que possam mitigar os impactos do setor da Construção, a reutilização de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) ganha destaque por fornecer um material alternativo, ao mesmo tempo que dá melhor destino ao material que seria descartado. Este trabalho avaliou a possibilidade do emprego de RCD com resíduos plásticos para a fabricação de um tijolo de vedação. Foi testada uma dosagem de um compósito que tem como matriz o Polipropileno Reciclado (PPR). Os materiais foram misturados utilizando um misturador termo cinético. Na câmara do misturador o PPR funde e é homogeneizado com o RCD. Foram desenvolvidas fôrmas para modelagem de corpos de prova cilíndricos que, após tratamento térmico para conformação, foram testados quanto à absorção de água e resistência à compressão axial. Os resultados indicam viabilidade técnica do uso do material para produção de um tijolo de vedação composto 100% por resíduos.

Palavras-chave: RCD; Polipropileno Reciclado; Tijolo de Plástico; Bloco de Plástico; Resíduos Plásticos.

ABSTRACT

In the search for initiatives that can mitigate the impacts of the construction sector, the reuse of Construction and Demolition Waste (CDW) is highlighted for providing an alternative material, while at the same time giving a better destination to the material that would otherwise be discarded. This study evaluated the possibility of using CDW with plastic waste to manufacture a sealing brick. A dosage of a composite that has Recycled Polypropylene (RPP) as a matrix was tested. The materials were mixed using a thermokinetic mixer. In the mixer chamber, the RPP melts and is homogenized with the CDW. Molds were developed for modeling cylindrical specimens that, after heat treatment for conformation, were tested for water absorption and axial compression resistance. The results indicate technical feasibility of using the material to produce a sealing brick composed 100% of waste.

Keywords: CDW; Recycled Polypropylene; Plastic Brick; Plastic Block; Plastic Waste.

1 INTRODUÇÃO

O setor de construção demanda grande quantidade de matéria prima e consequentemente está associado a um volume elevado de produção de resíduos, sendo possível relacionar tal produção como termômetro da atividade do setor (SNIC, 2023). Uma solução para mitigar o uso e descarte de matéria prima na construção, é a reutilização de seus resíduos no próprio setor, possibilitando diminuir a exploração de recursos naturais e beneficiar um material que seria descartado. Como exemplo tem-se a reutilização de agregados reciclados na produção de concreto (Medina *et al.*, 2014; Thomas *et al.*, 2018).

Um material que também se destaca pelo volume de resíduos gerados é o plástico que, por conta de sua descartabilidade, se torna um desafio global (WWF, 2019). Ele também é pesquisado para reutilização na produção de concreto. (Sharma, Bansal, 2015). Outra forma de aplicação dos resíduos plásticos na construção é na produção de tijolos de vedação (Kulkarni *et al.*, 2022). Na fabricação desse tipo de tijolo são utilizados termoplásticos, uma classe de polímeros que podem ser aquecidos e remoldados, sem sofrer alterações significativas em suas propriedades (Santos, 2012). A combinação de termoplásticos e agregados resultada em um compósito, cuja matriz é o plástico e os agregados são a carga.

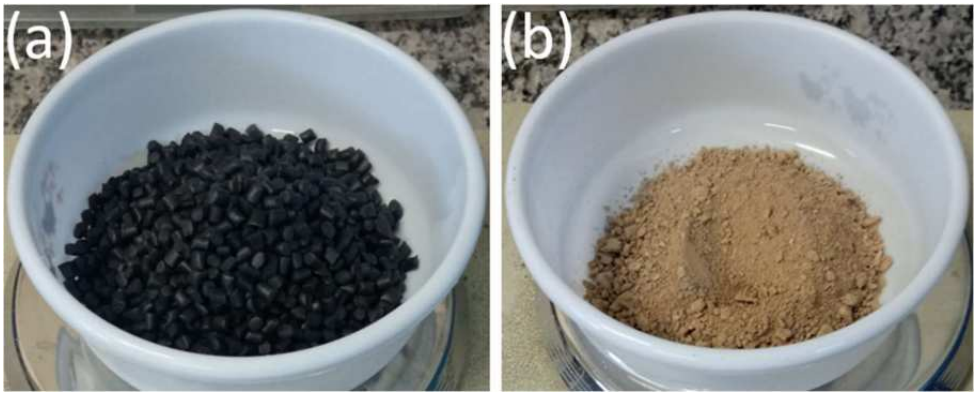
O propósito desta pesquisa é avaliar um material constituído integralmente por resíduos, que possua propriedades adequadas à fabricação de tijolos de vedação. Um compósito de Polipropileno Reciclado (PPR) e Resíduos da Construção e Demolição (RCD), foi avaliado de forma análoga aos requisitos recomendados para um tijolo maciço cerâmico (ABNT NBR 15270-1 2023), sendo realizada inspeção visual, determinação da absorção de água e ensaios de resistência à compressão axial.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

O plástico utilizado na pesquisa é o PPR, fornecido de forma granular. Os RCD foram fornecidos pela Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais. O material foi coletado na Estação de Reciclagem de Entulho da BR-040, com a classificação do fornecedor indicando como Areia (Pó de brita), com conteúdo passante na peneira de 9,5mm de abertura. Optou-se por não efetuar a lavagem do RCD para remoção de finos, eliminando uma etapa do processo de reaproveitamento de resíduos e favorecendo a economia de água. A Figura 1a apresenta uma amostra dos grãos de PPR e a Figura 1b uma amostra dos RCD utilizados.

Figura 1: Resíduos utilizados; (a) PPR; (b) RCD



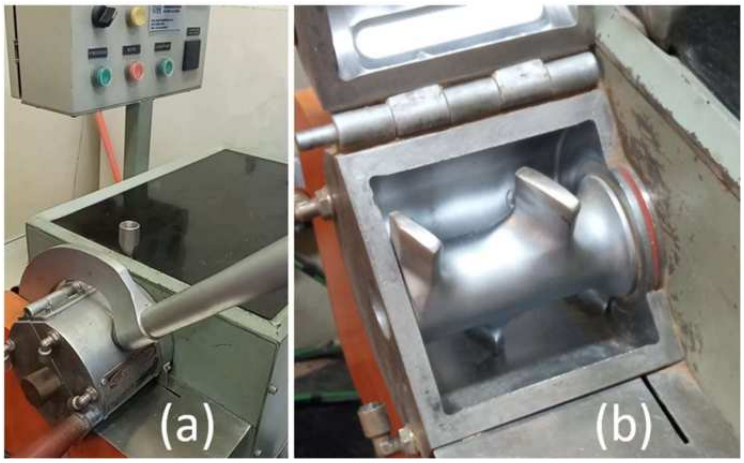
Fonte: o autor.

2.2 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para confecção do compósito RCD + PPR foi utilizada uma dosagem de 1:1 em massa. Os resíduos foram inseridos em misturador termocinético (Drais), modelo MH-100 da marca MH Equipamentos (Figura 2a), para mistura em alta rotação, com consequente fundição do PPR e homogeneização do material. O equipamento possui uma câmara cilíndrica com um eixo de alta rotação (acima de 5000 rpm), com pás estacionárias

(Figura 2b). O aquecimento se dá por atrito do material processado com os componentes da câmara. O modelo de Drais utilizado não possui indicador de temperatura, ficando o tempo de mistura atrelado à sensibilidade do operador em observar as alterações de comportamento da máquina. Durante a mudança de fase do material, ocorre pico de corrente consumida e aumento das vibrações, sendo necessária a ação do operador para reduzir a velocidade de mistura, para evitar superaquecimento do material fundido, e consequente degradação do PPR.

Figura 2: Misturador Termocinético; (a) câmara de mistura e painel; (b) interior da câmara de mistura



Fonte: o autor.

Após a mistura, a massa de resíduos, ainda quente, foi aplicada em fôrmas cilíndricas, via moldagem manual, com auxílio de soquete metálico. Em uma nova etapa de aquecimento, as fôrmas passaram por tratamento térmico para conformação de acabamento dos corpos de prova (CP). O material foi aquecido a 180ºC, por 4 horas, e depois resfriou, ainda no molde, em temperatura ambiente. Também foram confeccionados CP utilizando 100% de PPR, para caracterização do termoplástico, usando a mesma técnica de moldagem e o mesmo tratamento térmico.

Inicialmente foram utilizadas fôrmas com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. As limitações de volume da câmara da Drais inviabilizaram a transferência direta do material do misturador para as fôrmas sem gerar uma junta fria entre diferentes camadas de materiais processados, por serem necessárias mais de uma etapa de mistura, por molde preenchido. Para readequação da etapa de modelagem foram desenvolvidas fôrmas cilíndricas específicas para o projeto, feitas em alumínio, para CP com diâmetro de 1” e 2” de altura. O novo dispositivo possui fundo e topo removíveis, para auxiliar na modelagem do material ainda quente (Figura 3). Mesmo com as novas fôrmas e utilizando modelagem manual, ainda não foi possível eliminar a etapa de tratamento térmico para conformação do material.

Figura 3: Fôrmas cilíndricas



2.3 ENSAIOS EXPERIMENTAIS

O PPR teve seu ponto de fusão determinado utilizando Fusômetro MicroQuímica MQAPF-302. O RCD foi caracterizado quanto à distribuição granulométrica (NBR 17054) (ABNT, 2022), e absorção de água (NBR 16916) (ABNT, 2021). Os CP de PPR foram caracterizados quando à absorção de água e resistência à compressão axial. A Absorção de água seguiu os procedimentos análogos à norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005), utilizando uma média de oito CP. Os mesmos CP foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial, utilizando a máquina universal de ensaios EMIC – DL30000N, com taxa de carregamento de (0,25 ± 0,05) MPa/s. Os CP de PPR+RCD foram ensaiados quanto à absorção de água e resistência à compressão axial, com as mesmas técnicas utilizadas para análise dos CP de 100% PPR.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O PPR apresentou ponto de fusão em 164 ±1ºC. Os CP de 100% PPR apresentaram 0,0% de absorção de água. Esse resultado era esperado, uma vez que o PPR é um material intrinsicamente hidrofóbico, ou seja, que possui baixa afinidade com a água. A distribuição granulométrica do RCD esteve totalmente inclusa no intervalo referente aos limites utilizáveis para concreto indicando boa distribuição de tamanho de partículas. A absorção de água do RCD foi de 12,3%.

3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

A Figura 4 ilustra a diferença acabamento de um corpo de prova, antes (a) e depois (b) do tratamento térmico. É possível observar que somente a moldagem manual utilizada deixa a superfície com falhas aparentes e muita rugosidade. Após o tratamento térmico foi obtido melhor acabamento, o cilindro está mais uniforme e a sua superfície está mais lisa.

Figura 4: Corpos de prova; (a) antes do tratamento térmico; (b) depois do tratamento térmico



Na Figura 5 é possível observar a impressão superficial de detalhes do processo de usinagem da fôrma no corpo de prova, ao mesmo tempo que observamos também falhas de preenchimento no acabamento da extremidade circular do CP, mesmo após tratamento térmico.

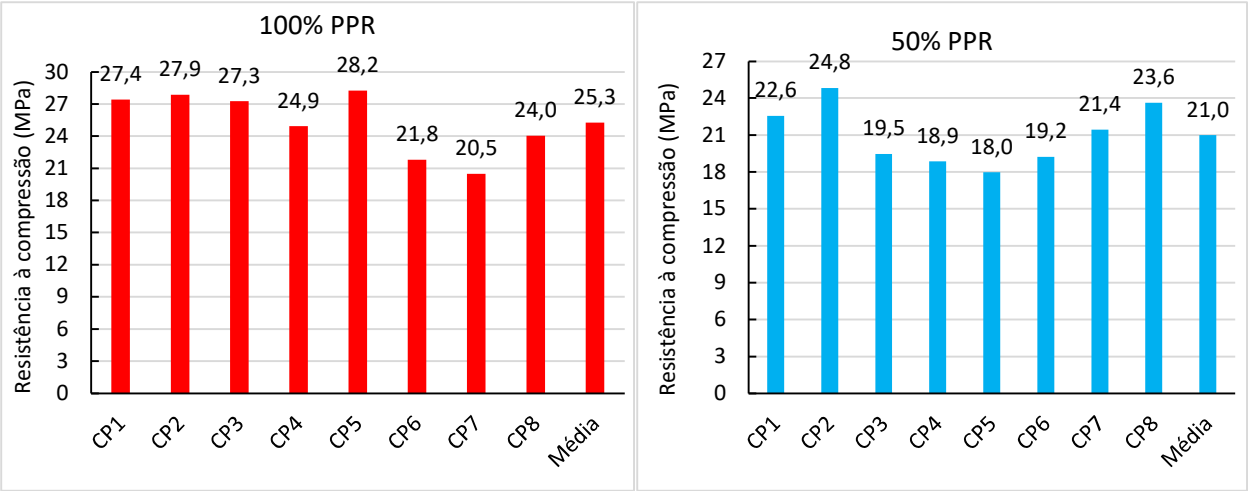
Figura 5: Detalhe da superfície circular de um corpo de prova após tratamento térmico



3.3 COMPÓSITO DE PPR E RCD

Os CPs de PPR + RCD não apresentaram absorção de água significativa (0,0%). Resultado semelhante aos estudos de Parashar (2019) e Kulkarni *et al.* (2022) que, utilizando combinações de PP e areia, encontraram valores inferiores a 0,1%. A Figura 6 indica a resistência à compressão axial dos CP de PPR. A média encontrada foi de 25,3 MPa.

Figura 6: Resistência à compressão



Fonte: o autor.

Caso o material compósito fosse utilizado para fabricação de tijolos de vedação e comportamento de absorção de água semelhante fosse observado, o artefato não estaria conforme a exigência mínima do recomendado pela NBR 15270-1 (ABNT, 2023). Tal normativa se refere a tijolos cerâmicos, para técnicas construtivas convencionais. A não conformidade indicaria a necessidade de adaptações do produto e/ou das técnicas construtivas associadas, para não comprometer, por exemplo, a adesão de argamassa cimentícia. A baixa absorção de água também pode ser explorada para situações que tal comportamento seja interessante. Poderia, por exemplo, servir de camada impermeabilizante em uma fiada de alvenaria.

Com a análise estatística, utilizando o teste de Shapiro-Wilk, foi possível observar que ambas as dosagens apresentaram valores de resistência à compressão axial seguindo a distribuição normal, indicando boa representatividade dos resultados obtidos. Os CP de 100% PPR apresentaram falha dúctil, comportamento característico do polipropileno. Embora os CP de compósito tenham se deformado menos, antes da ruptura, que os CP 100% PPR, eles também apresentaram falha dúctil, um comportamento conforme características de sua matriz de PPR.

Os corpos de prova de 100% PPR apresentaram uma média de resistência de 25,3 MPa. Já os CP de PPR e RCD obtiveram média de 21,0 MPa. Os valores encontrados para as duas dosagens são bem superiores à recomendação mínima (4 MPa), para tijolo maciço para uso sem função estrutural da norma de blocos e tijolos para alvenaria (NBR 15270-1) (ABNT, 2023). Embora tenha ocorrido queda na resistência à compressão, continuamos tendo um valor 4 vezes superior à recomendação mencionada.

4 CONCLUSÃO

A moldagem manual de artefatos de material compósito, cuja matriz seja de PPR e que tenha como carga RCD, requer atenção à conformação para garantia de acabamento uniforme. Mesmo com tratamento térmico ainda foi possível observar falhas na superfície dos corpos de prova. O processo de conformação pode ser aprimorado para se ter um produto melhor acabado.

A taxa de carga de 50% de RCD, em massa, em um compósito com PPR, permite a produção de CP com 0,0% de absorção de água. Mesmo valor observado em CP produzidos somente com PPR. Apesar de ter ocorrido uma queda no desempenho quanto à compressão axial, a resposta do material com 50% de RCD indica bom potencial para a utilização na construção. A resistência encontrada está muito superior ao mínimo

recomendado pela norma de tijolos de vedação convencionais (4 MPa). Encontramos aqui um bom potencial para absorção de resíduos beneficiados.

Trabalhos futuros devem explorar outras dosagens e outras propriedades para aproveitar o potencial de captação de resíduos rumo ao desenvolvimento de um tijolo de vedação sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro; 2023.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro; 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados — Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio.** Rio de Janeiro; 2022a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916: Agregado miúdo — Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro; 2021c.

MEDINA, César; ZHU, Wenzhong; HOWIND, Torsten; DE ROJAS, María Isabel; FRÍAS, Moisés Frías. Influence of mixed recycled aggregate on the physical - mechanical properties of recycled concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, abr. 2014. ISSN 0959-6526. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614000110>. Acesso em: 27 set. 2024.

PARASHAR, Ashish Kumar, Augmentation of Compressive Strength of Bricks Made of Various Materials by Adding Molten Plastic waste, **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, v8, ago. 2019. ISSN: 2278-3075. Disponível em <https://www.ijitee.org/portfolio-item/J11820881019/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SANTOS, Bianca Bastos dos; **Compósitos de polipropileno reciclado e pó de coco** (Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Materiais)). (Rio de Janeiro): Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2012. Disponível em <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8906/1/monopoli10004414.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.

SHARMA, Raju; BANSAL, Prem Pal. Use of Different Forms of Waste Plastic in Concrete - A Review. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, jan. 2016. ISSN 0959-6526. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615011324>. Acesso em: 5 mai. 2024.

SNIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO PORTLAND, **Relatório Anual 2023**, São Paulo, SP, 2023. Disponível em <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/1732731328.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2025.

THOMAS, Job; THAICKAVIL, Nassif Nazeer; WILSON, P. M.. Strength and durability of concrete containing recycled concrete aggregates. **Journal of Building Engineering**, v. 19, set. 2018. ISSN 2352-7102. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218302511>. Acesso em: 23 out. 2022.

WWF - World Wide Fund for Nature, **Stop of Flood of Plastic: how mediterranean countries can save their sea**, Roma, Itália, 2019. Disponível em <http://awsassets.panda.org/downloads/a4_plastics_reg_low.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2024.