ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE PAVIMENTAÇÃO FABRICADOS COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Analysis of the properties of interlocking paving bricks manufactured from construction waste

Verônica Karoline Pereira Mendes
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais | Curvelo, MG | veronica_karoline@hotmail.com

Flávia Müller Grigoleto
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais | Curvelo, MG | grigoletoflavia@gmail.com

RESUMO

Este estudo explora a utilização de resíduos de construção civil (RCC) como agregado miúdo reciclado na produção de blocos de pavimentação intertravada, alternativa sustentável para minimizar impactos causados pela destinação incorreta desses materiais. Os agregados foram caracterizados para produção de três traços de concreto: de referência e com substituições de 20% e 40% do agregado miúdo por agregado reciclado. Os blocos foram submetidos aos ensaios de absorção de água, resistência à corrosão por ataque ácido e resistência à compressão. Os resultados indicaram resistência à compressão inferior a 35MPa, parâmetro alcançado apenas pelos blocos de referência. Os blocos de referência e com 20% de substituição apresentaram resultados satisfatórios para a resistência ao ataque ácido, com perdas de massa de 3% e 1%, e para a absorção de água, com a média de 6%. Os resultados sugerem explorar alternativas para melhorar o processo produtivo e refinar a porcentagem de substituição de RCC.

Palavras-chave: Resíduos de construção; agregado reciclado; pavimentação intertravada.

ABSTRACT

This study explores the use of construction and demolition waste (RCC) as recycled fine aggregate in the production of interlocking paving blocks, a sustainable alternative to reduce the impacts caused by the improper disposal of such materials. Aggregates were characterized for the production of three concrete mixtures: a reference mix and mixes with 20% and 40% replacement of natural fine aggregate with recycled aggregate. The blocks were tested for water absorption, acid attack resistance and compressive strength. Results showed compressive strength below 35 MPa, a value reached only by the reference blocks. The reference blocks and those with 20% replacement showed satisfactory results for acid attack resistance, with mass losses of 3% and 1%, and for water absorption, with an average of 6%. The results suggest exploring alternatives to improve the production process and refine the replacement percentage of RCC in order to enhance performance.

Keywords: Construction waste; recycled aggregate; interlocking paving.

1 INTRODUÇÃO

As atividades da construção civil e sua alta demanda por matéria-prima, extração e transporte de recursos, geram impactos ambientais significativos, tornando necessário buscar alternativas sustentáveis que minimizem esses problemas (Sipres, 2019). Simultaneamente, a geração de resíduos na construção civil (RCC) ocorre de maneira desordenada. Boa parte desses resíduos é descartada em locais impróprios, o que além de visualmente desagradável, impossibilita o tráfego de veículos e pedestres (Silva, 2023).

A geração de RCC no Brasil é proporcional ao ritmo de urbanização, principalmente onde a demanda por novas infraestruturas é maior (Araújo *et al.,* 2019). O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023, desenvolvido pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), registrou o volume de RCC gerados em 2022 em aproximadamente 45 milhões de toneladas (ABREMA, 2023). A reciclagem desses resíduos para produção de blocos de concreto, segundo Araújo *et al*. (2019), apresenta resultados positivos.

A pavimentação intertravada consiste na execução de um pavimento com a camada de revestimento formada pelo assentamento dos blocos justapostos e rejuntados (ABNT, 2013). O intertravamento impede o deslocamento entre peças e proporciona um comportamento conjunto de resistência aos esforços solicitantes e estabilidade da estrutura (Sipres, 2019).

Segundo Zotti (2022), é possível obter êxito adotando agregados reciclados na produção de concreto tanto para funções estruturais quanto não estruturais. Entretanto, alguns autores apontam pontos consideráveis, como heterogeneidade, absorção de água e resistência em relação aos agregados convencionais, além da granulometria que influencia na trabalhabilidade e porosidade (Santos e Milani, 2023). Soares *et al.* (2020) analisaram a substituição de agregados convencionais por agregados com RCC na produção de blocos de pavimentação, identificando resultados de resistência à compressão aos 28 dias superiores a 35 MPa para taxas de substituição de até 50%.

Diante disso, este trabalho apresenta uma análise da viabilidade técnica do uso de agregado reciclado de RCC em substituição parcial do agregado miúdo na produção de blocos de concreto para pavimentação intertravada, avaliando por meio das propriedades de resistência à compressão, resistência à corrosão e absorção de água.

2 METODOLOGIA

Os materiais utilizados na fabricação dos blocos foram: CP-V ARI, areia natural média, brita 1, água e RCC, classificados como agregados reciclados classe A conforme a NBR 15.116 (ABNT, 2004) e intitulados como RCCv (resíduos cerâmicos) e RCCc (resíduos cimentícios).

O agregado graúdo foi caracterizado pelo ensaio de granulometria conforme a norma NBR 17054 (ABNT, 2022). Os RCC foram moídos, secos e pré-selecionados por peneiramento, segundo a norma NBR 7211 (ABNT, 2022). Para caracterização dos agregados miúdos reciclados e natural realizaram-se os ensaios de granulometria e densidade e absorção de água, determinados pela NBR 16916 (ABNT, 2021).

O traço foi determinado pelo método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Após a definição do traço de referência, foram estabelecidos dois outros traços com as mesmas proporções, porém substituindo em 20% e 40% de agregado reciclado na proporção do agregado miúdo, sendo a massa de RCC dividida igualmente entre RCCv e RCCc. O traço encontrado foi de 1: 2,8: 2,5: 0,60, proporção de cimento, areia, brita e água, respectivamente. A Tabela 1 apresenta os traços produzidos e a massa de cada material para a produção de 20 blocos de pavimentação por traço.

Tabela 1 - Consumo de materiais

Traço	Cimento(kg)	Areia(kg)	Brita(kg)	Água(l)	RCC(kg)
Referência-0%	11,50	35,50	31,30	7,00	0
Traço-20%	11,50	28,45	31,30	8,00	7,10
Traço-40%	11,50	21,30	31,30	8,00	14,20

Fonte: Elaborado pelos autores

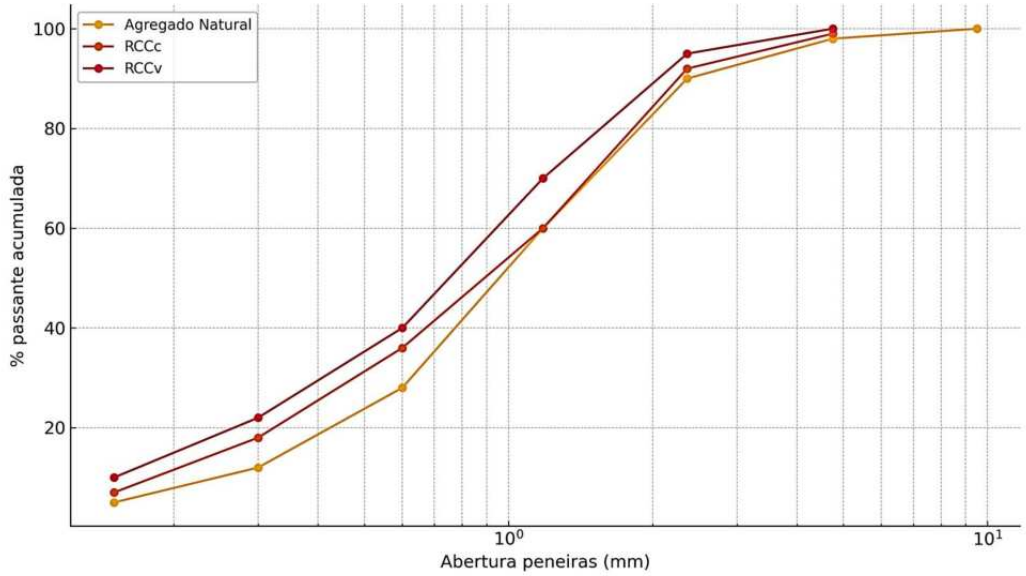
Os blocos foram produzidos utilizando fôrmas plásticas específicas para peças Tipo I, conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013), com dimensões aproximadas de 10x20x6cm e moldagem por vibração manual. Após 24 horas, os blocos foram desformados e armazenados em ambiente descoberto sobre uma superfície lisa. O processo de cura teve duração de 28 dias.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

A Figura 1 e a Tabela 2 apresentam os resultados dos ensaios de composição granulométrica e densidade e absorção de água dos agregados miúdos:

Figura 1 – Curva granulométrica dos materiais



Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 – Caracterização dos materiais

Agregados miúdos	Módulo de Finura	Dmáx (mm)	Absorção de água (%)	Massa Unitária (kg/m³)
Natural	3,119	4,75	1	1467,12
RCCc	3,222	4,75	16	1288,94
RCCv	3,783	4,75	9	908,91

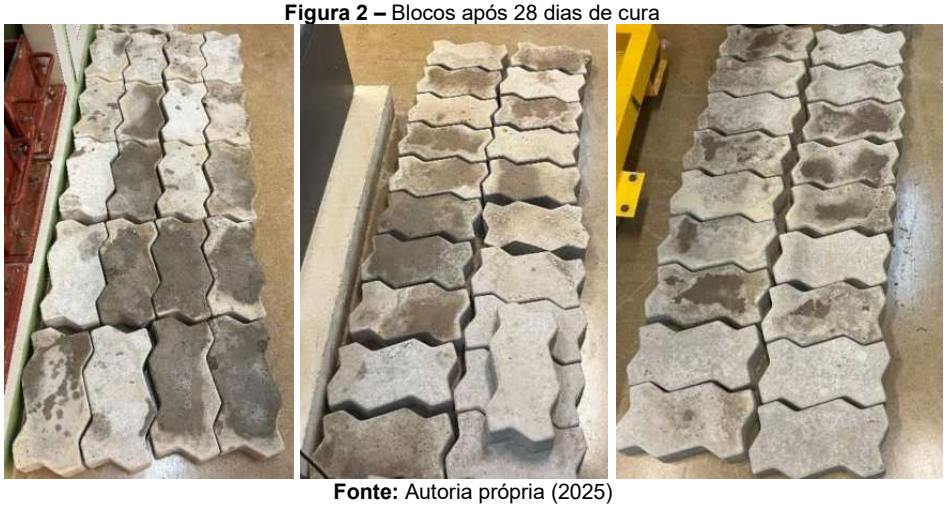
Fonte: Elaborado pelos autores

O módulo de finura dos agregados miúdos caracteriza-os na faixa granulométrica de areia média.

3.2 VALIDAÇÃO PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO

As peças de concreto produzidas, mostradas na Figura 2, foram inspecionadas visualmente e não foi constatada deformação ou rebarba significativa, apenas uma pequena variação de cor.

Figura 2 – Blocos após 28 dias de cura

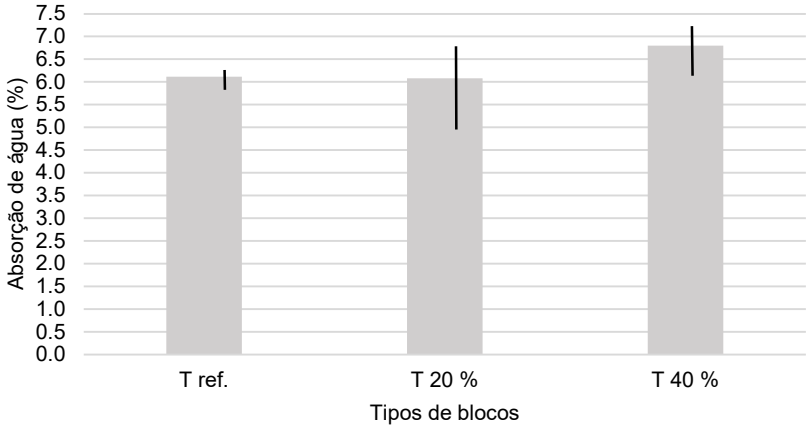


Fonte: Autoria própria (2025)

3.2.1 Absorção de água

Nos ensaios de absorção de água, cujos resultados médios e desvio padrão estão representados no gráfico da Figura 3, as presenças de 0% e 20% de RCC apresentaram absorção média igual ao limite de 6%, enquanto o traço com 40% de RCC excedeu 0,8%. Em relação à absorção individual, os blocos com 0% de RCC não apresentaram nenhum valor acima do limite de 7%, enquanto os blocos com 20% e 40% de substituição excederam em até 0,3%. Estes resultados indicam um crescimento da porosidade com o aumento do teor de RCC, o que pode estar relacionado à heterogeneidade e irregularidade das partículas recicladas.

Figura 3 – Absorção de água dos blocos

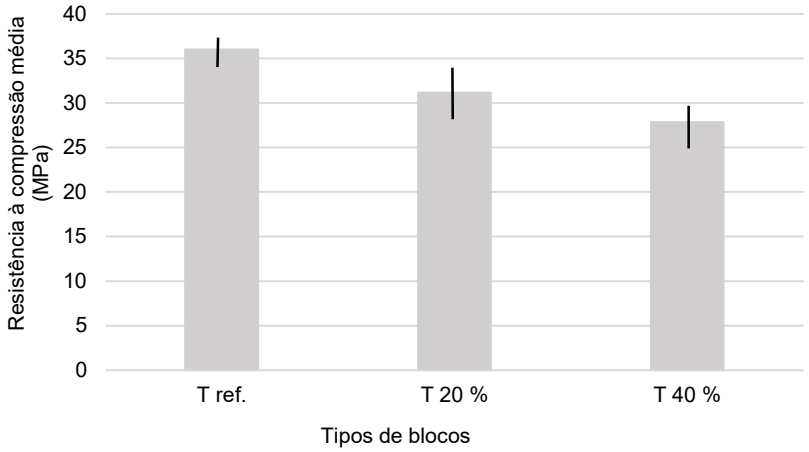


Fonte: Elaborado pelos autores

3.2.2 Resistência à compressão

A Figura 4 mostra os resultados dos valores médios de resistência à compressão realizados com os blocos aos 28 dias de cura. Apenas os blocos de referência alcançaram um desempenho acima de 35MPa, exigido pela NBR 9781 (ABNT, 2013). Os traços produzidos com a presença de RCC apresentaram a resistência média de 31,14MPa e 27,78MPa para blocos com 20% e 40%, respectivamente, representando uma queda significativa no desempenho à medida que o percentual de RCC aumenta.

Figura 4 - Resistência à Compressão dos blocos



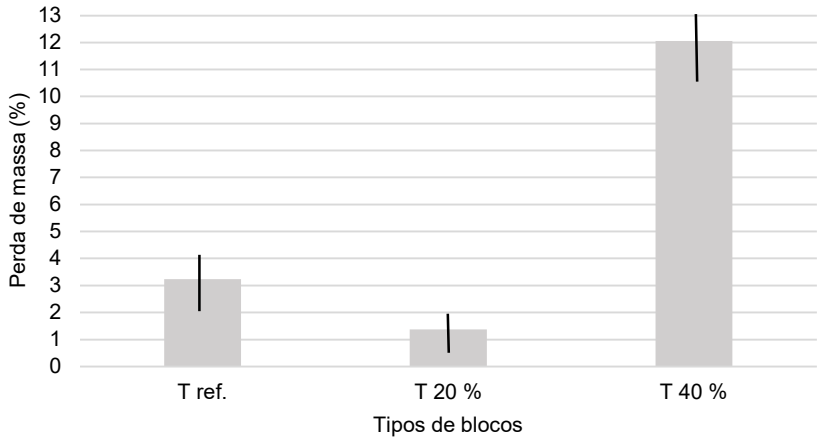
Fonte: Elaborado pelos autores

Essa redução ao aumentar o teor de RCC pode ser atribuída à fatores como maior porosidade, menor qualidade dos resíduos e possível presença de materiais contaminantes ou porosos, além da possível absorção excessiva de água durante a mistura. Isso reforça a necessidade de aperfeiçoamento do processo produtivo e de estudos sobre o tratamento e seleção dos resíduos, especialmente para teores superiores a 20%, que apresentaram desempenho inferior.

3.2.3 Resistência à corrosão

O ensaio de resistência à corrosão por ataque ácido foi adaptado ao proposto pela NBR 13583 (ABNT, 2014). Foram submersos três blocos de cada traço de concreto em uma solução aquosa de 5% de concentração de ácido sulfúrico (H_2SO_4) em água por 72 horas. Os resultados de percentual de massa perdida após a submersão na solução ácida, conforme mostra a Figura 5, mostra que apenas blocos do traço com 40% de substituição apresentaram valores significativos, enquanto os blocos com 0% e 20% demonstraram perdas mínimas (aproximadamente 3% e 1%). Além disso, foi possível observar através de análise visual que os blocos não sofreram grandes deformações, mas apresentaram esfarelamento da superfície mostrado na Figura 6.

Figura 5 – Perda de massa dos blocos



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 – Blocos de referência antes e após imersão



Fonte: Autoria própria (2025)

4 CONCLUSÃO

A análise do agregado reciclado revelou características compatíveis com o agregado miúdo natural, exigindo, porém, um tratamento adequado para compensar a absorção de água elevada do RCC. Segundo a NBR 15116 (ABNT, 2021), é indicado molhar os agregados antes de adicioná-los para contornar esse fator, o que não foi adotado.

Na análise dos blocos, foi possível observar como os resíduos alteram suas propriedades e a substituição de 20% apresentou resultados mais próximos aos requisitos mínimos. Considerando que os blocos atingiram resistência superior a 20MPa, a classificação da NBR 12655 (ABNT, 2022), denomina-os como concreto de resistência moderada.

O ensaio de resistência ao ataque ácido validou a durabilidade da formulação com 20% de substituição que apresentou perda de massa menor que dos blocos de referência, indicando que uma pequena adição de resíduos pode favorecer a resistência química. Sendo assim, os resultados indicam que a aplicação do RCC tende ser viável em porcentagens menores que 20%. Os resultados podem ter sofrido influência de fatores como a absorção de água dos agregados reciclados expressivamente maior que do agregado natural e a falta de vibração do concreto no preenchimento das fôrmas, devido à ausência da mesa vibratória.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CEFET MG (campus Curvelo e campus Nova Suiça) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa. À empresa Concreta pelo suporte na produção dos blocos de concreto. Agradecem ainda à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo incentivo de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. B. R.*et al.* Uso de RCD na produção de blocos estruturais de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 61 p., 2019, Fortaleza. Anais [...]. São Paulo: IBRACON, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Método de dosagem de concreto.** São Paulo: ABCP, 2020. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 01/08/2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto — Especificação. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 14 p.

____. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 26 p.

____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 22 p.

____. **NBR 13583**: Cimento Portland – Determinação da variação dimensional de barras de argamassa de cimento Portland expostas à solução de sulfato de sódio. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 14 p.

____. **NBR 15116**: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 16 p.

____. **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 7 p.

____. **NBR 17054**: Agregados: Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 9 p.

SANTOS, T. R. S.; MILANI, A. P. S. Recomendações de uso do agregado reciclado misto em elementos construtivos para construção civil e pavimentação. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2023.

SILVA, R. B. Estudo da reciclagem cíclica do resíduo de concreto para análise de eficiência como agregado miúdo. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2023.

SIPRES, C. Análise técnica do uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na produção de concreto seco para piso intertravado. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil. Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.

SOARES, J. V.r A. *et al.* O uso de resíduos de construção civil na produção de pavimentação intertravada, uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, 15 p. Curitiba, 2020.

ZOTTI, A. A reutilização de resíduos de construção e demolição (RCD) na construção civil. Mestrado em Engenharia da Construção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Bragança, 2022.