

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DE *PAVERS* COM EMPREGO DE RESÍDUOS DO PROCESSO DE LAVAGEM DE CAMINHÕES-BETONEIRA

EVALUATION OF THE MECHANICAL PERFORMANCE OF *PAVERS* WITH THE USE OF WASTE FROM THE CONCRETE-MIXER WASHING PROCESS

Gustavo Avelino da Silva¹, Amanda Berlandi Rojo Tahira², Mariana da Silva Slaghenaufi³,
Claudia Carolina de Paula Reis⁴, Sarah Honorato Lopes da Silva Tamura⁵.

RESUMO

A área da construção civil, no Brasil, possui um forte laço cultural pelo uso de produtos advindos de materiais extraídos de jazidas naturais. Os processos de produção são altamente poluentes e acabam impactando não somente o meio ambiente, mas também a saúde pública da população em geral. Ao fim da vida útil de uma construção, por reforma ou demolição, os resíduos gerados acabam sendo descartados, muitas vezes, incorretamente. Tendo esse cenário em vista, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade da substituição parcial da porção de agregado graúdo em traços de concreto para a produção de *pavers*, voltada para o uso em pavimentos. Dois traços de concreto foram produzidos, sendo um de referência, sem substituição, e o outro formulado com a substituição da brita em 100% por resíduos. Para avaliar o desempenho mecânico dos *pavers* fabricados, foram conduzidos ensaios na prensa hidráulica aos 14 e 145 dias de cura, a fim de comparar os resultados de resistência com a Norma Brasileira de pisos. Os resultados indicam que os *pavers* alcançaram uma parte da resistência desejada, mas, devido a necessidade de adaptar os testes de compressão, os resultados não puderam ser comparados ao esperado em norma.

PALAVRAS-CHAVE: paver; reciclagem; sustentável.

ABSTRACT

The construction industry in Brazil has a strong cultural link to the use of products made from materials extracted from natural quarries. The production processes are highly polluting and end up impacting not only the environment, but also the public health of the population in general. At the end of a building's useful life, through renovation or demolition, the waste generated is often disposed of incorrectly. With this in mind, the aim of this research is to assess the feasibility of partially replacing the portion of coarse aggregate in concrete mixes for the production of *pavers*. Two concrete mixes were produced: a reference mix, with no replacement, and another formulated with 100% replacement of gravel with waste. In order to assess the mechanical performance of the *pavers* produced, hydraulic press tests were carried out at 14 and 145 days of curing, in order to compare the strength results with the Brazilian Flooring Standard. The results indicate that the *pavers* achieved some of the desired strength, but due to the need to adapt the compression tests, the results could not be compared to expected the standard.

KEYWORDS: paver; recycling; sustainable.

¹ Bolsista de iniciação científica PIVIC e discente do curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: gustavoavelino@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6345354177488430>.

² Discente do curso de Engenharia civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: amandatahira@alunos.utfpr.edu.br.

³ Discente do curso de Engenharia civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: marianaslaghenaufi@alunos.utfpr.edu.br.

⁴ Discente do curso de Engenharia civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: claudiacarolina@alunos.utfpr.edu.br.

⁵ Docente do curso de Engenharia civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: sarahh@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7417432384879777>.

INTRODUÇÃO

A busca por produtos ecoeficientes e a necessidade de reduzir os impactos ambientais associados ao setor da construção civil têm motivado pesquisadores e profissionais a explorar alternativas inovadoras para a área. Não apenas no seu processo de produção, mas até o final de sua vida útil, os resíduos gerados pelas demolições, em muitas vezes, acabam tendo como destino final terrenos baldios, rios e ruas (Santos, 2007). Uma alternativa promissora para o redirecionamento deste material envolve a incorporação dos resíduos de construção e demolição (RCD) na produção de concreto. Essa estratégia não apenas contribui para o direcionamento adequado dos resíduos, mas também apresenta grande potencial econômico ao reintroduzi-los no mercado (Resende, 2022).

Um dos elementos utilizados na pavimentação são os pavers ou bloquetes. Moldados em formas retangulares, eles são preenchidos com traços de concretos resistentes o suficiente para a sua finalidade, podendo ser aplicados em calçadas ou ruas. A execução deste tipo de revestimento garante não apenas a beleza geométrica, devido a acomodação de suas peças, mas também possibilita uma maior permeabilidade da água no solo (Dias, 2021).

Analisando os processos de produção de pavers de concreto, percebe-se a possibilidade da substituição parcial ou total por agregados de RCD. Essa substituição propicia benefícios ambientais significativos, reduzindo diretamente o descarte desses resíduos em aterros sanitários, lixões ou locais impróprios e, ao mesmo tempo, evita a extração natural de novos recursos (Cavalcanti, 2011).

Mesmo se mostrando uma abordagem promissora para a solução dos problemas citados, Resende (2022) afirma que desafios como a padronização quanto aos processo de reciclagem, desde a separação até a granulometria ideal para o uso, devem continuar a serem discutidas para garantir que os RCD atinjam a qualidade adequada para serem implementados em novos processos.

Sendo assim, este estudo teve como principal objetivo avaliar o comportamento mecânico de pavers, com a substituição parcial de RCD em seu traço do concreto, com o objetivo de contribuir com as pesquisas relacionadas à reaproveitamento de resíduos da construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A composição de um concreto geralmente se dá pela mistura de cimento, areia, brita e água. A variação da granulometria dos agregados, tipo de aglomerante e relação água cimento interferem diretamente na aparência, resistência, qualidade e outras características perceptíveis no resultado final do produto (IBRACON, 2009).

O traço de concreto escolhido foi o 1:2:3, em volume. Os materiais utilizados foram o cimento CP V-ARI, areia natural quartzosa média, brita 0 e o resíduo de lavagem de caminhão betoneira.

Posteriormente à escolha do traço, separou-se a quantidade volumétrica dos materiais que irão compor a mistura e o RCD escolhido foi submetido a um processo de trituração com o propósito de desaglomerar os torrões para o implementar na mistura.

Após, realizou-se o ensaio de determinação granulométrica dos agregados, de acordo com a NBR 248 - Agregados (ABNT, 2003), onde os materiais foram peneirados,

separadamente, em um conjunto de peneiras, buscando identificar as suas características através dos dados das massas retidas nas peneiras utilizadas.

Posteriormente, realizou-se duas misturas do traço escolhido sendo um com materiais convencionais e outro com 100% da brita 0 substituída pelo RCD (Figura 1).

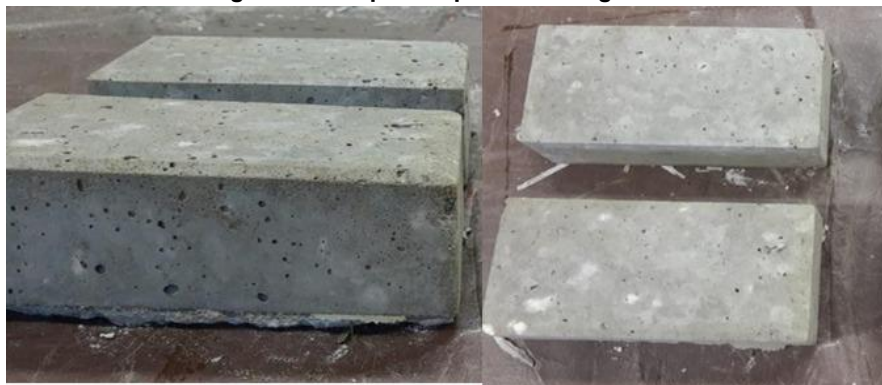
Figura 1 – Traço volumétrico de concreto convencional



Fonte: A autoria Própria (2022).

Para a modelagem dos corpos de prova, usou-se óleo desmoldante em duas formas com dois moldes de corpo de prova (CP) de dimensões 20x10x10 centímetros. Cada forma foi preenchida a fim de se obter dois CPs por traço batido, como na Figura 2.

Figura 2 – Corpos de provas retangulares.



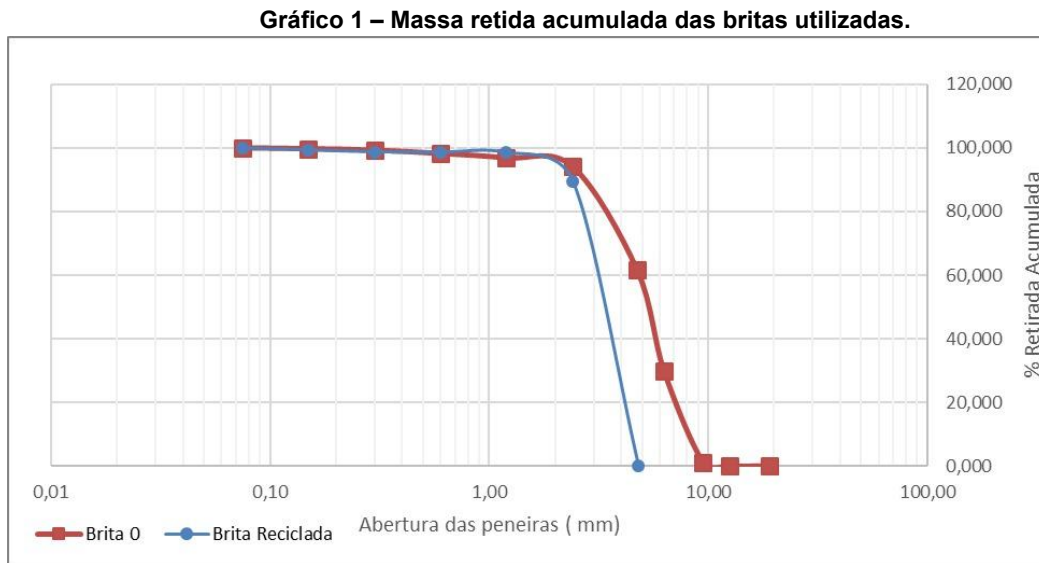
Fonte: A autoria Própria (2022).

Aguardou-se 14 e 145 dias para a cura dos CPs, pois trabalhou-se com a hipótese de hidratação dos grãos adormecidos de cimento presente no RCD.

Com os CPs devidamente manipulados, utilizando a Máquina Universal de Ensaio, submeteu-se os pares ao ensaio de compressão com um prato superior de diâmetro de 11,5 centímetros, buscando identificar a resistência à compressão dos pavers.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O percentual de material retido acumulado, advindo da caracterização granulométrica realizada para a brita 0 e para a brita reciclada, estão apresentados no Gráfico 1. É possível observar que, no intervalo de 0,01 mm a 2 mm, a matéria retida acumulada entre a brita 0 e o RCD são semelhantes, apenas divergindo os grãos de granulometria maior que 2 mm.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Devido às limitações presentes no laboratório utilizado, o ensaio de compressão teve de ser adaptado, não seguindo completamente as indicações de ensaio presentes na norma NBR 9781. A área submetida à compressão foi parcial, Figura 3, adverso à indicação de submeter toda a área do paver ao teste.

Figura 3 – Corpos de provas após o ensaio de compressão.



Fonte: Autoria Própria (2022).

A média dos resultados obtidos após a realização do ensaio estão presentes no Quadro 1, expressos em MPa. A NBR 9781 afirma que aos 28 dias de cura a resistência

à compressão deveria ser 35 MPa para tráfegos de pedestres e 50 MPa para o de veículos. Já para CPs com menos de 28 dias, o mínimo esperado seria 80% da resistência característica prevista, cerca de 28 MPa.

Quadro 1 - Resultado do ensaio à compressão dos pavers

Amostras	Resistência Média (MPa)
Normal 1*	10,9
Normal 2**	20,92
Reciclado 1*	6,4
Reciclado 2**	9,84

*Após 14 dias de cura.

**Após 145 dias de cura.

Fonte: Autoria Própria (2022)

Com a troca dos agregados graúdos, os pavers compostos pelo RCD apresentaram uma redução na resistência de 41,28% e 52,96% em relação aos moldados com o traço convencional de concreto, aos 14 dias e 145 dias de cura respectivamente.

CONCLUSÕES

O trabalho foi desenvolvido em cima da expectativa de investigar o potencial dos resíduos gerados em concreteiras, através da lavagem de seus caminhões betoneiras, buscando uma forma de inseri-los novamente como um produto de valor no mercado. A escolha em trabalhar com Pavers com substituição total de seu agregado graúdo foi feita por se tratar de produtos de simples produção e aplicação, não possuindo fins estruturais e constantemente procurados, pela população em geral, para a pavimentação de calçadas.

Devido a adaptação realizada para a execução dos ensaios de compressão, optou-se por não comparar os resultados de resistência atingidos com os valores previstos em norma, pois a ação da carga foi comprometida em virtude da área de aplicação da força ser menor que a indicada na norma NBR 9781.

Os resultados obtidos mostram que as peças com substituição total do material resultaram em uma resistência menor comparadas ao traço normal. Isso pode ser justificável devido à origem do agregado RCD, que é capaz de apresentar um comportamento mais frágil frente ao esmagamento, pois a ação da compressão influencia a deformação preliminar das partículas que cercam o material, causando a ruptura antecipada do paver.

Finalmente, é perceptível a necessidade de mais pesquisas na área para melhor compreender os resultados, bem como a realização dos ensaios de acordo com a norma vigente para realizar a comparação dos resultados com as predefinições normativas específicas.

A reutilização dos resíduos da própria indústria da construção civil possibilita a criação de produtos ecoeficientes que reduzem a necessidade de extrair matéria prima e o próprio impacto do descarte desse material. Além de ser uma atividade ambientalmente correta, é evidente que a redução de gastos, seja com o transporte até a destinação

correta dos resíduos, promove um produto final mais barato que os convencionais e até mesmo mais atrativo por ser composto por materiais reciclados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação do Curso de Engenharia Civil e o Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas do Campus Apucarana pelo subsídio e oportunidade de desenvolver este trabalho.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos. (2013)

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. (2003)

SANTOS, E.C.G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007. 168p. (Dissertação de Mestrado).

RESENDE, Heron Freitas et al. **Uso de resíduos de construção e demolição como agregado reciclado no concreto: uma breve revisão de literatura**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa, out. 2022. ISSN 2447-9187.

DIAS, Amanda Cristina; DA SILVA, Debora Andressa Mariano; MARQUES, Claudia Scoton A. ESTUDO DA APLICAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL UTILIZANDO "PAVERS" COMO AUXILIAR NO REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS. **ANAI DO FÓRUM DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNIFUNEC**, v. 12, n. 12, 2021.

CAVALCANTI, Emerson Carlos Miranda; DE AMORIM, Rogério Penna Forte; DE ALMEIDA JUNIOR, Guido Santos. Pavimentação intertravada: Utilização de resíduo de construção e demolição para fabricação e assentamento de pavers. **XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, p. 1-6, 2011.

IBRACON. (Jan, Fev e Mar de 2009). **Concreto: material construtivo mais consumido no mundo**. São Paulo, 2009. Revista Concretos & Construções.