



## **PAVIMENTOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO COM AGREGADOS RECICLADOS DE CERÂMICA**

ROSA, P. H. S.<sup>1</sup>; SIDNEI, J. R.<sup>1</sup>; SILVA, I. de A. C. e<sup>1</sup>; DORNELAS, R. C.<sup>1</sup>; SARMENTO, A. P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Catalão – UFCAT

**Palavras-chave:** resíduos, pavers, cerâmica vermelha, cerâmica de revestimento, pavimento intertravado de concreto.

### **Resumo**

Este estudo avaliou a substituição de agregados naturais por resíduos de cerâmica vermelha e de revestimento na produção de pavers de concreto. Os reciclados apresentaram propriedades similares aos naturais, porém com maior absorção de água, exigindo pré-molhagem. O teor de material pulverulento excedeu os limites normativos. As substituições aumentaram a porosidade e afetaram a resistência à compressão: redução de 17% com cerâmica vermelha e 27% com cerâmica de revestimento. Embora o efeito filler tenha melhorado o empacotamento em alguns casos, a porosidade elevada e a fraca adesão pasta-agregado comprometeram o desempenho mecânico. Conclui-se que os resíduos cerâmicos têm potencial para uso em pavers, desde que sejam adotadas formulações otimizadas que garantam desempenho técnico e benefícios ambientais.

## **INTERLOCKING CONCRETE PAVERS WITH RECYCLED CERAMIC AGGREGATES**

**Keywords:** waste, pavers, red ceramic, coating ceramic, interlocking concrete paving

### **Abstract**

This study evaluated the replacement of natural aggregates with red and coating ceramic waste in the production of concrete pavers. The recycled materials showed similar properties to natural aggregates but higher water absorption, requiring pre-wetting. The fine particle content exceeded normative limits. Substitutions increased porosity and reduced compressive strength: 17% with red ceramic and 27% with coating ceramic. Although the filler effect improved particle packing in some cases, the higher porosity and weak paste-aggregate bonding compromised mechanical performance. It is concluded that ceramic waste has potential for use in pavers, provided that optimized mix designs are adopted to ensure technical performance and environmental benefits.

## INTRODUÇÃO

Os Resíduos da Construção e Demolição (RCDs) representam cerca de 35% (Europa) a 50% (Brasil) dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), tendo uma geração média de RCD de 500 kg hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (PAULINO et al., 2023; SILVA; SOUZA; MOREIRA, 2023). Dados de 2019, demonstram que nas regiões do Brasil, são coletados de 94,5 a 300,8 kg hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de RCD (GRANEL; FERREIRA, 2021).

Esse grande quantitativo de resíduos, resultado da falta de comprometimento ambiental por parte do setor público e das construtoras, é responsável atualmente pela poluição e assoreamento dos mananciais, deslizamentos de encostas, contaminação do solo e a obstrução dos sistemas de drenagens públicos, sobrecarregando assim as administrações municipais, responsáveis pela remoção e disposição em local adequado desses materiais (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006).

A implementação de práticas sustentáveis na educação da população e no envolvimento do setor de construção civil está se tornando uma tendência global, com o mercado brasileiro

começando a adotar essas medidas, ainda que de maneira reservada (LITTLE, 2003). Quando processados corretamente, os RCDs podem ser capazes de substituir os agregados naturais utilizados em grandes áreas da construção civil (pavimentação, sistemas de drenagem, contenções Geotécnicas e infraestrutura urbana, por exemplo) garantindo um destino adequado a esses resíduos, assim como a redução do impacto ambiental (CUNHA, 2007).

Sendo assim, este trabalho tem como principal objetivo verificar a viabilidade de utilização dos pavimentos intertravados de concreto, produzidos a partir da adição de agregados reciclados provenientes dos resíduos de cerâmica vermelha e de cerâmica de revestimento em relação a sua resistência mecânica e capacidade de absorção de água.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Os Resíduos da Construção e Demolição produzidos durante as atividades empreendidas nos canteiros de obras (como escavações, construções, reformas ou demolições) são classificados de acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em sua resolução 307 (BRASIL, 2002). Essa resolução, além de

estabelecer as definições sobre os RCDs, fixa também as responsabilidades e deveres sobre os resíduos, classificando-os de acordo com as possibilidades de reciclagem, dessa forma:

- A - resíduos passíveis de serem reutilizados ou reciclados na forma de agregado;
- B - recicláveis para outras destinações, como os plásticos, papel e metal;
- C - resíduos que não possuem tecnologia de reciclagem viável economicamente;
- D - materiais perigosos oriundos do processo de construção ou demolição, como: óleos, tintas e solventes.

Embora essa resolução, juntamente com as demais leis ambientais, defina diversos aspectos acerca da reutilização dos resíduos produzidos, na maior parte dos municípios brasileiros esses materiais ainda são depositados em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos ou até mesmo em terrenos baldios, propiciando a proliferação de vetores de doenças, a obstrução de galerias e bueiros e o assoreamento de córregos e rios, além da contaminação das águas

superficiais (MORAES, 2021).

Esse material não reaproveitado, além de impactar o meio ambiente através da contaminação direta, induz a extração de mais agregados naturais, muita das vezes de forma ilegal, o que provoca o esgotamento prematuro das áreas de extração, gerando um aumento relevante no custo final das obras. No Brasil, embora se observe a movimentação de empresas interessadas no mercado da reciclagem, essas estão limitadas apenas às ações municipais, cujo interesse se encontra na redução dos custos e do impacto ambiental provocado pela deposição da enorme massa de entulho no meio urbano (AMORIM, 2016).

Estes resíduos, embora ainda pouco utilizados na construção civil, vem ganhando espaço nos últimos anos, possibilitando sua aplicação em áreas e finalidades cada vez mais diversas, como por exemplo na aplicação no preenchimento de rasgos de paredes, chumbamento de elementos elétricos e tubulações, contrapiso, como material de drenagem, pavimentação e até mesmo como agregados para concretos e argamassas (SILVA; LIMA, 2022; OLIVERIRA; PINHEIRO; SANTANA, 2022).

Partindo dessa perspectiva, alguns autores estudaram a possibilidade de adicionar esses resíduos cerâmicos em materiais de construção. Baldin et al. (2021) estudaram a influência da substituição parcial do cimento Portland por resíduo de cerâmica vermelha na fabricação de placas de fibrocimento. Os pesquisadores verificaram que o resíduo apresentou comportamento pozolânico e que a substituição de 50% de cimento por resíduo apresentou resultados promissores. Destacaram, porém, que para casos de aplicação externa na fachada de edificações,

estudos de durabilidade devem ser conduzidos.

Passos et al. (2020) estudaram a durabilidade de concretos produzidos com agregado graúdo proveniente de resíduos de cerâmicas vermelhas. Os autores observaram que a substituição de agregado graúdo natural por resíduos cerâmicos levou à um aumento de absorção por capilaridade, o que indica que menores diâmetros capilares foram atingidos. Os autores concluíram que, no que diz respeito à durabilidade, os agregados graúdos de resíduo de cerâmica vermelha apresentam bom desempenho e viabilidade

técnica.

Os resultados obtidos por Purificação (2009) demonstram que a utilização de resíduos provenientes do polimento do porcelanato quando utilizados em substituição ao cimento (80% de cimento e 20% de resíduos de polimento de porcelanato) produzem pavers com praticamente a mesma resistência à compressão (redução de 9%) que aqueles produzidos sem a adição dos resíduos.

Ainda, alguns autores estudaram a utilização de resíduos de telhas, tijolos cerâmicos, cerâmica de louças sanitárias na produção de concretos (ALMEIDA et al., 2019, NEPOMUCENO; ISIDORO; CATARINO, 2018; PITARCH et al., 2017; REIG et al., 2022).

Dessa forma, observa-se que esses materiais podem apresentar um grande potencial no que diz respeito a substituição dos agregados naturais utilizados na produção de novos concretos ou argamassas, fornecendo destinação adequada aos mesmos, reduzindo a extração de matérias primas naturais, a utilização dos aterros sanitários, o impacto ambiental causado sobre o solo e a água, além de, minimizar a produção de gases

intensificadores do efeito estufa (BEHERA et al., 2014, BRAVO-GERMAN et al., 2021; WANG et al., 2023).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção de artefatos vibroprensados e pavers, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABPC) sugere como traço a proporção de 1:0,77:2,33:1,1:0,33 entre os seguintes materiais: cimento, areia, pó de brita, brita e água. Esse traço, embora utilizado para a produção de pavimentos intertravados se mostra inadequado para o seu adensamento manual ou em mesa vibratória, uma vez que o concreto produzido se apresenta seco e com baixa trabalhabilidade, resultado da baixa relação água/cimento (FERNANDES, 2008).

O aumento da relação água/cimento, embora resolva o problema da trabalhabilidade, traz como consequência o incremento da porosidade do concreto que apresenta como resultado a

diminuição da sua resistência à compressão. Esse problema, entretanto, pode ser resolvido por meio da utilização de aditivos superplasticificantes capazes de melhorar a trabalhabilidade sem provocar o aumento do fator supracitado (ARAUJO et al., 2023; DOMENICO et al., 2018).

Portanto a partir dessas considerações e ensaios laboratoriais, Penteado, Carvalho e Lintz (2016) definiram como traço referência para a produção de blocos intertravado de concreto a seguinte proporção 1:0,77:2,33:1,1:0,48 (cimento, areia, pó de brita, brita, água) com adição de superplasticificante. Assim, a partir do traço padrão foram feitos estudos acerca da compatibilidade aditivo-cimento-resíduos chegando-se a seguinte proporção de materiais (Tabela 1), onde TP é o traço referência definido anteriormente, TCV é o traço no qual houve a substituição total da areia média pela cerâmica de revestimento (CR) e TCVR é o traço no qual a areia e o pó de pedra foram substituídos totalmente pelos agregados reciclados.

Utilizou-se cimento CP V-ARI como aglomerante, brita nº 0

**Tabela 1.** Proporções mássicas dos traços escolhidos para os pavers

| AGREGADO MIÚDO |           |         |       |       |       |             |                 |      |             |
|----------------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------------|-----------------|------|-------------|
| Traço          | Descrição | Cimento | C. V. | C. R. | Areia | Pó de Pedra | Agregado Graúdo | Água | Aditivo (%) |
| 1              | TP        | 1,00    | 0,00  | 0,00  | 0,77  | 2,33        | 1,10            | 0,48 | 1,00        |
| 2              | TCV       | 1,00    | 0,77  | 0,00  | 0,00  | 2,33        | 1,10            | 0,48 | 1,30        |
| 3              | TCR       | 1,00    | 0,00  | 2,33  | 0,77  | 0,00        | 1,10            | 0,48 | 1,00        |
| 4              | TCVR      | 1,00    | 0,77  | 2,33  | 0,00  | 0,00        | 1,10            | 0,48 | 1,30        |

TP=Traço Referência; TCV=Areia substituída por CR; TCR=Pó de brita substituído por CR; TCVR=Areia e pó de brita substituídos por CR e CR

basáltica como agregado graúdo, areia média quartzosa e pó de pedra, todos esses materiais cedidos pela empresa MI pré-moldados da cidade de Catalão, GO. Os agregados foram obtidos em obras da região e passaram por um processo de cominuição, com auxílio de um triturador de mandíbula. Os agregados reciclados passaram por ensaios de granulometria para sua caracterização física.

Para o aumento da trabalhabilidade do concreto foi utilizado o aditivo superplastificante de segunda geração sem ação secundária MC-PowerFlow 1180. Esse aditivo é caracterizado por permitir uma elevada redução no conteúdo de água do concreto sem provocar alterações no abatimento, fluidez ou tempo de pega do material (MC-BAUCHEMIE BRASIL, 2022), cedido pela empresa MC-Bauchemie Brasil. A água utilizada foi obtida da rede de distribuição pública da cidade.

Os corpos de prova cilíndricos utilizados nessa pesquisa, com diâmetro nominal de 10 cm e altura nominal de 20 cm, conforme definido na NBR 5739 (ABNT, 2018), foram moldados utilizando-se uma betoneira rotativa de eixo vertical com adensamento manual de duas camadas, sendo que cada uma foi adensada com doze golpes, de acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 5738

(ABNT, 2016).

Os agregados reciclados foram pré-molhados 10 minutos antes da mistura na betoneira com 80% da água absorvida por eles no ensaio de absorção realizado previamente. A cura dos corpos de prova utilizados nesta pesquisa foi realizada utilizando-se o processo de imersão descrito na NBR 5738 (ABNT, 2016) nas idades de 7, 14 e 28 dias utilizando-se para tal um reservatório de 1 m<sup>3</sup>.

### **Ensaio de resistência à compressão**

Para os corpos de prova produzidos ao longo dessa pesquisa o ensaio de compressão axial foi realizado de acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 5739 (ABNT, 2018), empregando-se para tal uma prensa hidráulica equipada com dois pratos de aço, sendo um deles articulado, atuando na face superior do corpo de prova e capaz de aplicar uma carga na direção do esforço que o paver deve suportar.

Durante o carregamento, os dispositivos de comando da prensa foram controlados de forma que a tensão aplicada, calculada em relação a área bruta, variasse entre 0,3 a 0,8 MPa/s até atingir o valor de ruptura. Para pavimentos utilizados em áreas sujeitas a tráfego leve, o fck deve ser  $\geq 35$  MPa e para pavimentos utilizados em áreas sujeitas a tráfego intenso é  $\geq 50$  MPa.

## Ensaio de absorção de água dos corpos de prova

Para a verificação da capacidade de absorção de água dos corpos de prova utilizou-se como base a NBR 9778 (ABNT, 2009) na qual é estipulado um valor médio menor ou igual a 6%, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7%.

Neste ensaio, após a cura, os corpos de prova devem ser secos em estufa, pesados e imersos novamente em água para, em seguida, serem pesados. Esta ação possibilita o cálculo da quantidade de água que o material absorve.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos agregados

Os valores observados para a dimensão máxima característica dos agregados utilizados na produção do concreto, assim como seu módulo de finura, massa específica aparente e capacidade de absorção podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resultados dos ensaios de caracterização dos agregados

| Agregado                 | Dimensão Máxima Característica | Módulo de Finura | Classificação            | Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> ) | Capacidade de absorção de água dos agregados (%) |
|--------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|--|--|
| Areia Média              | 4,76 mm                        | 2,46             | Ag. Miúdo Médio          | 2,50   | 1,18   |
| Brita 0                  | 12,7 mm                        | 4,15             | Ag. Graúdo - Graduação 0 | 2,62   | 0,54   |
| Cerâmica Vermelha        | 4,76 mm                        | 2,60             | Ag. Miúdo Médio          | 2,50   | 28,13  |
| Cerâmica de Revestimento | 4,76 mm                        | 3,46             | Ag. Miúdo Grosso         | 2,36   | 7,56   |
| Pó de Brita              | 4,76 mm                        | 3,23             | Ag. Miúdo Grosso         | 2,62   | 1,42   |

Constata-se que os valores encontrados durante a realização dos ensaios para o módulo de finura dos agregados miúdos se encontram dentro dos limites estabelecidos pela NBR 7211 (ABNT, 2022) e ainda que os valores encontrados para os agregados reciclados se assemelham aos encontrados para os agregados naturais pelos quais serão substituídos.

O mesmo ocorre com a massa específica aparente, o que contribui para a manutenção de características físicas do concreto a massa específica como densidade característica ou peso específico.

### Teor de material pulverulento dos agregados reciclados

O valor encontrado para o teor de material pulverulento nos agregados produzidos a partir dos resíduos da construção civil foi determinado a partir de duas amostras, sendo os valores obtidos (16,21% para a cerâmica vermelha e 6,10% para a

cerâmica de revestimento) maiores do que aquele estabelecido na NBR 7221 (ABNT, 2012), que define em 5% o valor máximo para agregados produzidos a partir de pedra britada ou seixo, para uso em concreto com acabamento superficial.

### Ensaio de absorção dos corpos de prova

Os resultados obtidos durante a realização do ensaio de absorção de água nos corpos de prova podem ser observados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Capacidade média de absorção de água dos corpos de prova

| Traço | Absorção de água (%) |
|-------|----------------------|
| TP    | 6,61                 |
| TCV   | 7,53                 |
| TCR   | 5,57                 |
| TCVR  | 7,69                 |

Deste modo, observa-se que a substituição da areia pelo agregado produzido a partir da cerâmica vermelha assim como a substituição total dos agregados naturais pelos reciclados contribuem para o aumento da porosidade do concreto, tornando-o mais suscetível a entrada de líquidos, corroborando assim os resultados obtidos por Wada (2010), que constatou que o traço padrão apresentou uma absorção média de 5% e o traço com

substituição de 40% de resíduo cerâmico apresentou uma absorção média de 6,1%. Esse aumento, de acordo com Penteado, Carvalho e Lintz (2016), pode ser explicado pela maior capacidade de absorção do agregado reciclado, o que acaba tornando o concreto mais poroso e suscetível a entrada de líquidos em seu interior.

Já no concreto produzido a partir da substituição do pó de brita pelo agregado proveniente da cerâmica de revestimento observou-se uma redução na capacidade de absorção, provocada pela redução da porosidade do concreto, o que o torna menos suscetível a entrada de líquidos.

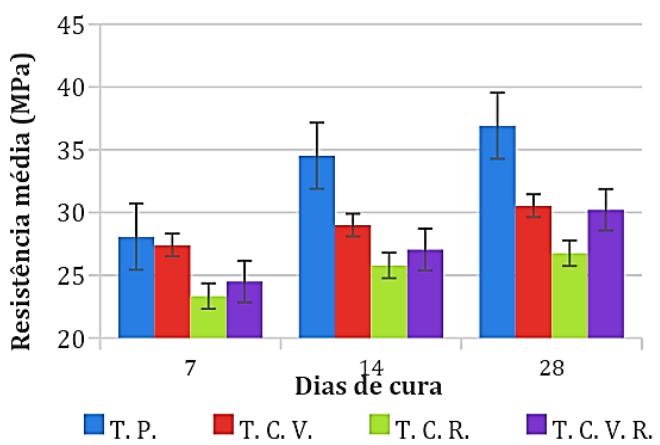
Essa redução na capacidade de absorção pode ser explicada pelo efeito filler, onde materiais finamente moídos preenchem os vazios do concreto (NEVILLE, 2013).

Farinha et al. (2015) observaram o mesmo efeito na produção de argamassa com adição de resíduos de cerâmicas de louças sanitárias. Os autores relataram que as partículas dos resíduos preencheram os vazios da mistura, diminuindo o tamanho dos poros e da porosidade aberta. Como consequência, no teste de

absorção por capilaridade, foi observado que quanto maior a incorporação do resíduo, menor a absorção por capilaridade.

### Ensaio de compressão axial

Os resultados obtidos durante a realização do ensaio de compressão axial podem ser observados na Figura 1.



**Figura 1.** Resistência média à compressão dos corpos de prova

Foi possível observar que o traço obtido pela substituição total da areia pelo agregado proveniente da cerâmica vermelha (TCV) apresentou uma redução de aproximadamente 17% na resistência à compressão (30,54 MPa do TCV comparado a 36,91 MPa do TP, aos 28 dias).

Passos et al. (2020) obtiveram resultados semelhantes e relataram a diminuição da resistência à compressão em concretos com substituição de agregado graúdo por resíduo de

cerâmica vermelha.

Alves et al. (2014) também verificaram decréscimo da resistência do concreto ao adicionar resíduos de cerâmica vermelha. É possível inferir que a introdução de agregados miúdos de tijolos reciclados, com menor resistência e estrutura mais porosa que os agregados naturais, diminuiu a resistência da pasta, o que acarretou a menor resistência do concreto.

Wada (2010) observou aumento na resistência mecânica do concreto produzido a partir dos resíduos da cerâmica vermelha quando comparado ao concreto convencional, o autor sinaliza que esse aumento pode ser resultado de propriedades cimentícias do RCV, fato que não verificamos neste trabalho.

Os resultados obtidos durante a execução dessa pesquisa indicam que a utilização do agregado proveniente dos resíduos da cerâmica vermelha em substituição a areia em pavers provoca uma redução no empacotamento das partículas presentes na mistura do concreto tornando-a menos densa e mais porosa, aumentando assim a absorção de água e reduzindo a sua capacidade de resistência aos esforços de compressão axial.

Na substituição do pó de brita pelo agregado produzido a partir dos resíduos da cerâmica de revestimento (TCR), observou-se uma redução de aproximadamente 27% na resistência à compressão (atingindo 26,75 MPa aos 28 dias). Ocorreu a diminuição da capacidade de absorção de água neste traço, fator que pode indicar melhor empacotamento e maior preenchimento dos espaços vazios. Esse resultado, embora contraintuitivo, pode ser explicado pela redução do contato agregado-concreto provocado pela película de verniz existente nesse material, reduzindo assim sua resistência mecânica mesmo que o empacotamento tenha aumentado.

Nos pavers confeccionados a partir da substituição total dos agregados naturais pelos reciclados (TCRV), ocorreu redução de aproximadamente 18%, obtendo 30,22 MPa de resistência à compressão aos 28 dias. Esse fator também pode ser consequência da fraca ligação existente entre a face de verniz presente nesses agregados e a pasta de concreto, formando uma área de menor resistência, onde provavelmente se iniciou a ruptura do material. E, também,

pode ser consequência da maior capacidade de absorção de água, aumentando-se os espaços vazios do concreto, fator que pode explicar a menor resistência à compressão do traço.

## CONCLUSÕES

Percebe-se que o uso de agregado reciclado oriundo de resíduos de cerâmica vermelha em pavers apresenta potencial para utilização, mas necessita ser antecedido por uma avaliação criteriosa e pelo desenvolvimento de um traço adequado ao material disponível. Tal abordagem facilitará uma compactação mais eficiente das partículas, levando, assim, a um aumento na resistência. Além disso, deve ser feito também um estudo sobre o método de cominuição adequado aos resíduos, uma vez que o modelo utilizado nesta pesquisa se mostrou ineficiente no que diz respeito a redução do tamanho das partículas dos resíduos, produzindo grãos maiores do que o desejado.

A utilização dos resíduos provenientes de cerâmica de revestimento não é indicada uma vez que, mesmo com o aumento do empacotamento das partículas na mistura, levou a uma redução

da resistência mecânica à compressão, consequência da fraca interação agregado-argamassa, o que não ocorre com o resíduo da cerâmica vermelha, uma vez que a diminuição do empacotamento das partículas leva a uma redução da resistência mecânica, indo ao encontro ao que era esperado.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. V.; VIEIRA, T. F.; BRITO, J.; CORREIA, J. R. Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates, *Construction and Building Materials*, v. 64, p. 103-113, 2014.

ALMEIDA, D. H. D.; GRILLO, R. H. F.; MAESTRELLI, S. C.; ROVERI, C. D. Properties of concrete manufactured with use of ceramic sanitary ware waste as aggregate. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 24, n. 2, 2019.

ARAUJO, L. S.; SILVA, A.; SUZART, J. A.; CARDOZO, M. S.; ASSUNÇÃO, P.; ARMESTO, L. M. Análise comparativa do aditivo látex estireno butadieno no concreto de agregado reciclado. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. e412355-e412355, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova: ABNT, 2016. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7221: Agregado – Índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211: Agregados para concreto – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 4 p.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: Os caminhos para uma gestão

sustentável. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 11, n.1, p. 65-72, 2006.

BALDIN, C. R. B.; PEREIRA FILHO, J. I.; BALDIN, V. Estudo da influência da substituição do cimento Portland por resíduo de cerâmica vermelha na fabricação de placas de fibrocimento. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 26, n. 1, 2021.

BEHERA, M. S. K.; BHATTACHARYYA, A. K.; MINOCHA, R.; DEOLIVA, S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete-sustainability in construction sector: a review. *Construction and Building Materials*, v. 68, p. 501-516, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. 17 jul. 2002.

BRAVO-GERMAN, A. M.; BRAVO-GÓMEZ, I. D.; MESA, J. A.; MAURY-RAMÍREZ, A. Mechanical properties of concrete using recycled aggregates obtained from old paving stones.

Sustainability, v. 13, n. 6, p. 3044, 2021.

CUNHA, N. A. Resíduos de construção civil: análise de usinas de Reciclagem. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DOMENICO, P.; LIMA, T. T.; CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M. Influência do agregado miúdo reciclado na resistência à compressão e porosidade do concreto. *Revista Internacional de Ciências*, v. 8, n. 1, p. 129-147, 2018.

GRANEL, W.J.G.; FERREIRA, E. R. Proposição de ecopontos como contribuição na gestão integrada de resíduos da construção civil no município de Frutal-MG. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 12, n. 1, p. 129-145, 2021.

FARINHA, C.; BRITO, J.; VEIGA, R. Incorporation of fine sanitary ware aggregates in coating mortars. *Construction and Building Materials*. v. 83, 2015.

FERNANDES, I. D. *Blocos e Pavers – Produção e Controle de Qualidade*. Editora Treino

Assessoria e Treinamentos Empresariais Itda. 2013.

LITTLE, P. E. Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências. Editora Peirópolis, 2003.

MC-Bauchemie Brasil. MC-PowerFlow 1180. 2022. Disponível em: <[https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas\\_tecnicas/MC-PowerFlow%201180.pdf](https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas_tecnicas/MC-PowerFlow%201180.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2023.

MORAES, B. I. Produção de tijolos prensados com agregados reciclados da construção civil: estudo de caso em Cuiabá - MT. 2021. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2021.

NEPOMUCENO, M. C.; ISIDORO, R. A.; CATARINO, J. P. Mechanical performance evaluation of concrete made with recycled ceramic coarse aggregates from industrial brick waste. Construction and Building Materials, v. 165, p. 284-294, 2018.

NEVILLE, A. M. Tecnologia do concreto. Bookman Editora, 2013.

OLIVEIRA, R. A.; PINHEIRO, E. C. N. M.; SANTANA, S. S. Utilização de RCD na produção de um concreto sustentável com aplicação em paver: uma revisão de literatura. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 11, p. 73723-73745, 2022.

PASSOS, L.; MORENO JUNIOR, A.L.; GOMES, C.E.M. Durabilidade de concretos produzidos com agregado graúdo proveniente de resíduo de cerâmica vermelha. Matéria (Rio de Janeiro). 2020.

PAULINO, R. S.; LAZARI, C. H.; MIRANDA, L. F. R.; VOGT, V. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. Ambiente Construído, v. 23, n. 3, p. 83-97, jul. 2023.

PENTEADO, C. S. G.; CARVALHO, E. V.; LINTZ, R. C. C. Reusing ceramic tile polishing waste in paving block manufacturing. Journal of Cleaner Production, v. 112, p. 514-520, 2016.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PITARCH, A. M.; REIG, L.; TOMÁS, A. E.; LÓPEZ, F. J. Effect of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware recycled aggregates on structural concrete properties. *Waste and Biomass Valorization*, v. 10, p. 1779-1793, 2019.

PURIFICAÇÃO, E. B. da. Estudo do uso de agregados reciclados de concreto e substituição do cimento por resíduo de polimento de porcelanato na produção de pisos intertravados de concreto. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

REIG, L.; SORIANO, L.; BORRACHERO, M. V.; MONZÓ, J. M.; PAYÁ, J. Potential use of ceramic sanitary ware waste as pozzolanic material. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, v. 61, n. 6, p. 611-621, 2022.

SILVA, E. B.; SOUZA, V. B.; MOREIRA, K. C. B. A importância do gerenciamento dos resíduos sólidos de construção e demolição na construção civil. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 5, n. 1, 2023.

SILVA, T. K. M.; LIMA, D. P. Utilização do RCD em concreto

para aplicação em pavimento: uma revisão bibliográfica. *Engineering Sciences*, v.10, n.1, p.40-45, 2022.

SCREMIN, L. B. Desenvolvimento de um Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

WADA, P. H. Estudo da incorporação de resíduos de cerâmica vermelha na composição de concreto para uso em estacas moldadas in loco. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira, 2010.

WANG, Y.; WANG, J.; DENG, Z.; XIAO, J. Studying Thermal and Mechanical Properties of Recycled Concrete by Using Ceramic Aggregate. *Sustainability*, v. 15, n. 3, p. 2642, 2023