

## Efeito do uso de resíduo cerâmico de louças sanitárias tratado com antiderrapante em substituição ao agregado graúdo em concreto

Gustavo Lira do Nascimento <sup>1\*</sup>, Vitória Silva Martins de Oliveira <sup>1</sup>, Leonardo Leandro dos Santos <sup>2</sup>, Ricardo Peixoto Suassuna Dutra <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 58033-455, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Peneiras Moleculares, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova, Natal, 59072-970, Brasil

\*e-mail: gustavolira977@gmail.com

### Resumo:

Este trabalho estudou o uso de resíduos de louças sanitárias (scrap) em substituições parciais da brita em concreto, visando reduzir o descarte inadequado e os impactos ambientais, bem como seus efeitos nas propriedades do concreto. O scrap previamente preparado foi usado como agregado graúdo em proporções de 10 e 20%. Visando melhor interação com o concreto, parte do scrap recebeu um tratamento com um antiderrapante para pisos cerâmicos, para aumentar a abrasão superficial. Foram produzidos cinco tipos de concreto, incluindo composições sem (CS10 e CS20) e com (CT10 e CT20) scrap tratado, além do concreto de referência (CR). Foram realizados ensaios de granulometria, densidade, difração de raios X e estimativa da área do scrap que possuía o esmalte. Após a produção do concreto, foram realizados ensaios de trabalhabilidade, resistência à compressão e porosidade. Foi possível constatar que o scrap pode substituir a brita sem comprometer a trabalhabilidade, uma vez que todos os concretos se mantiveram na classe S10 de abatimento. Quanto à resistência, todos os concretos, exceto o CT20, atingiram a classe C20. O concreto CT10, obteve desempenho similar ao CR, fazendo com que eles estejam dentro de uma mesma condição de aplicabilidade, tornando o CT10 uma alternativa para usos futuros.

**Palavras-chave:** Concreto; resíduo; louça sanitária; agregado graúdo; antiderrapante.

### 1. INTRODUÇÃO:

No Brasil, a indústria cerâmica produz materiais variados, mas muitos são descartados como resíduos por não atenderem aos padrões de qualidade. Entre esses resíduos está o de louças sanitárias (scrap), que em sua maioria são descartados em aterros sanitários, gerando um grande passivo ambiental [1], cuja reutilização em concreto tem sido proposta como forma de substituir parcialmente agregados tradicionais [2][3][4]. O Brasil está entre os cinco maiores produtores de louças sanitárias no mundo, com uma produção anual de 22 milhões de peças, gerando cerca de 7 mil empregos diretos [5], o que faz com que a quantidade de scrap gerado seja alta. De acordo com Cabral Jr et al. [6], as peças que são reprovadas após o processo de queima, por apresentarem defeitos estéticos, representam uma das principais fontes de perda nas indústrias. O volume dessas perdas varia entre 6 e 20%, em relação ao total de peças produzidas [7].

O uso do scrap cerâmico em concreto, no entanto, enfrenta desafios devido à dureza do material, que exige trituração [8], e à presença de esmalte, que prejudica a aderência do agregado à pasta de concreto [3]. Por outro lado, alguns estudos apontam que o impacto ambiental em relação a um concreto tradicional em comparação com um concreto com adição de scrap pode ser avaliado pela energia incorporada (embutida), com relação às correspondentes emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) [9][10][11]. Alternativamente, substituições parciais do cimento por scrap moído mostraram-se promissoras [12]. Estudos também indicam que resíduos de louças sanitárias podem aumentar a resistência à compressão do concreto, embora o esmalte cause zonas de transição mais fracas [3][13].

O concreto é composto de cimento, agregados miúdo e graúdo, água e aditivos, com o cimento sendo o elemento aglutinante que confere resistência ao conjunto [14]. Os agregados miúdos têm granulometria entre 0,075 mm até 4,8 mm, enquanto os graúdos têm de 4,8 mm até 152 mm. Diversas pesquisas buscam substituir agregados tradicionais por resíduos, como o scrap de louças sanitárias descartadas por defeitos estéticos.

A indústria brasileira de louças sanitárias gera muitos resíduos, favorecendo estudos nessa perspectiva [15]. A resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, aponta que resíduos de componentes cerâmicos como “tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.” [16], podem ser utilizados – e é aqui que os resíduos de louças sanitárias se encaixam.

Medina, Frías e Rojas [17] e Almeida et al. [3], substituíram parcialmente a brita por scrap no concreto. No entanto, constatou que a presença de esmalte em parte do scrap prejudicou a adesão entre o agregado e a pasta de concreto, criando zonas de transição frágeis e pontos de concentração de tensões, diminuindo a resistência à compressão [3]. Um antiderrapante comercial foi usado por Soranzo et al. [18] visando analisar o nível de limpabilidade de porcelanatos polidos. De forma indireta, essa mesma pesquisa mostrou que uma peça de porcelanato comercial do tipo A, com dimensões 60×30 cm na cor branca, inicialmente possuía um percentual aproximado de 16% de sua superfície com a presença de poros (a maioria com o tamanho entre 5 e 10 µm). Quando foi aplicado o ácido fosfórico na superfície, o percentual aumentou para 30,9%. Dessa forma, visando utilizar um produto com uma facilidade maior de acesso, foi utilizado o Antiderrapante LP da Empresa Pisoclean.

Com isso, este trabalho tem como objetivo analisar o uso do scrap procedente de uma empresa de louças sanitárias como agregado graúdo em concreto, substituindo a brita em percentuais de 10 e 20%, com e sem a aplicação de um tratamento prévio com uso de antiderrapante.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS:

### 2.1. Materiais:

Os componentes utilizados neste trabalho foram: areia grossa (agregado miúdo) e brita 1 (agregado graúdo), obtidas da região de Caruaru, Pernambuco; cimento Montes Claros do tipo Portland CP II E 32, como aglomerante; scrap cerâmico como substituto parcial da brita 1, obtido de uma empresa de louças sanitárias localizada em Caruaru, Pernambuco; e antiderrapante LP da Pisoclean (composto por ácido fosfórico, surfactante, tensoativo não-iônico, alcalinizante, conservante e veículo).

#### 2.1.1. Antiderrapante LP:

Esse produto é indicado para aumentar “o coeficiente de fricção do piso pela criação de micro ventosas, invisíveis a olho nu” [19]. O fornecedor recomenda utilizar o produto sobre a superfície de 1 a 6 minutos (podendo ficar mais tempo, a depender do material) dependendo da superfície, havendo a necessidade de esfregar o produto com o auxílio de uma vassoura de plástico. Após isso, a superfície deve ser enxaguada abundantemente para toda a retirada do produto, pois ele pode acabar corroendo mais do que o necessário. O produto é líquido e seu princípio ativo é o ácido fosfórico e sua composição possui surfactante, tensoativo não-iônico, alcalinizante, conservante e veículo [19].

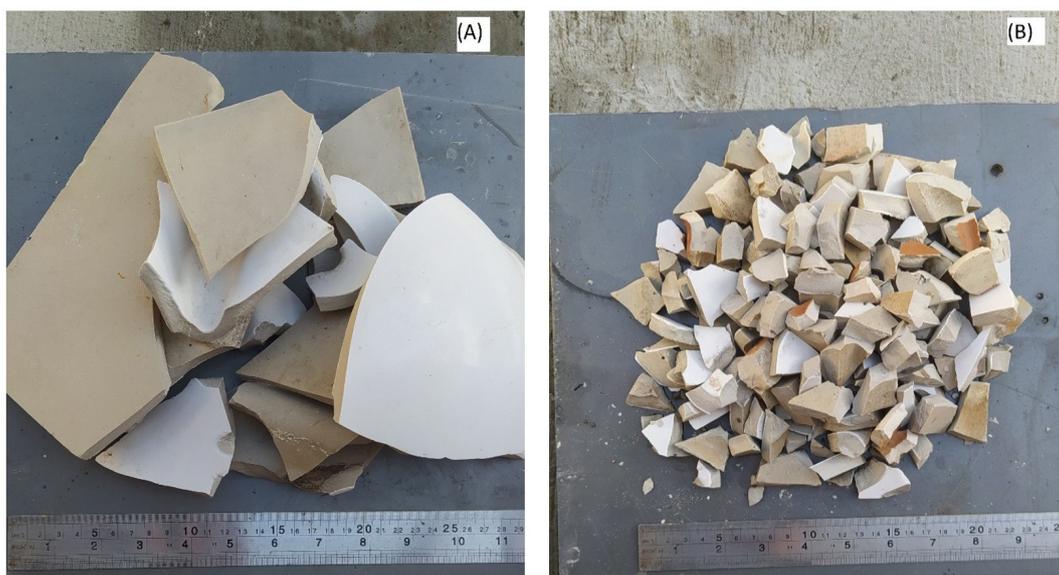
### 2.2. Métodos:

Inicialmente foi realizada uma diminuição prévia manual do tamanho do scrap por meio de um de martelos. Após isso, o scrap foi triturado utilizando-se um britador de mandíbulas com abertura de

entrada de 120×90 mm, com capacidade máxima de 500 kg/h, ajustado para uma saída com a malha de 19 mm, configurado para deixar o material com a dimensão semelhante ao da brita 1 (Fig.1). Os ensaios granulométricos foram norteados pela ABNT NBR NM 248:2003 [20]. Foram feitos ensaios com a brita e com o scrap.

O ensaio de difração de raios X foi feito no equipamento Bruker D2Phaser equipado com um detector Lynxeye e radiação de cobre ( $Cu_{K\alpha}$ ,  $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ ) com um filtro de Ni, corrente de 10 mA, voltagem de 30 kV, utilizando um detector Lynxeye, com as seguintes configurações: intervalo  $2\theta$  de 2 a 40°; fenda divergente de 0,6 mm; fenda central de 1 mm; fenda convergente; passo de 0,01° e tempo de aquisição de 0,2 s.

A análise química do scrap cerâmico foi determinada pela técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDS) em um equipamento Bruker S2 Puma Series II utilizando tubo de Pd com potência máxima de 50 W, voltagem máxima de 50 kV, corrente máxima de 1 mA e detector HighSense Silicon Drift Detector (HighSense SDD).



**Figura 1.** Scrap antes (A) e depois (B) da trituração

Para obter a densidade da areia foi utilizada a norma NBR 16916:2021 [21]. Já para obter a densidade do scrap e da brita, foi utilizada a norma NBR 16917:2021 [22]. A densidade do cimento foi obtida através de dados do fabricante.

Para fazer uma estimativa da porcentagem dos lados do scrap que possuem o esmalte, foi coletada uma amostra de 50 unidades de scrap já britados. Após isso, foram medidas, com auxílio de uma régua e de uma fita métrica, as dimensões dessas unidades. Com base nos valores, foi feita uma média dos valores da área da parte esmaltada e da parte sem esmalte. A Tab.1 apresenta as composições dos concretos produzidos com relação às proporções da brita e do scrap, visando alcançar uma resistência mínima de 20 MPa.

**Tabela 1.** Composição em massa (%) do agregado graúdo nos concretos

Nomenclatura	% brita	% scrap sem tratamento	% scrap com tratamento
CR	100	0	0
C10	90	10	0
CS20	80	20	0
CT10	90	0	10
CT20	80	0	20

A Tab.2 apresenta a relação de massa de cada componente nos diferentes tipos de concreto, levando como referência proporcional de 1 kg de cimento.

**Tabela 2.** Composição dos concretos

Componentes	CR	CS10	CS20	CT10	CT20
			kg		
Cimento (c)			1,00		
Areia			2,48		
Brita	2,52	2,27	2,02	2,27	2,02
Scrap	0	0,25	0,50	0	0
Scrap tratado	0	0	0	0,25	0,50
Água (a)			0,5		
Fator a/c			0,5		

As composições para elaboração dos concretos foram realizadas com base nas normas ABNT NBR NM 12655:2006 [23] e NBR NM 33:1998 [24]. Os elementos foram pesados separadamente na mesma balança e, em seguida, adicionados à betoneira. Para identificar o abatimento de cada tipo de concreto, objetivando estudar suas respectivas trabalhabilidades, foi realizado o ensaio conhecido como *slump test*, de acordo com a norma ABNT NBR NM 67:1998 [25].

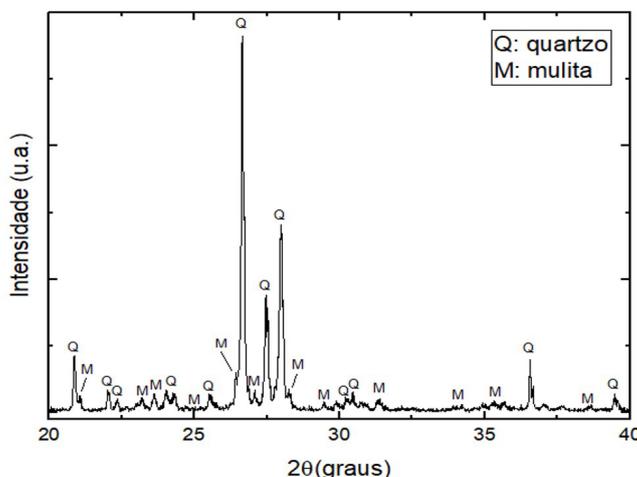
Para a confecção dos corpos de prova e ensaios de resistência à compressão foi usada como referência a norma ABNT NBR 5738:2015 [26]. Os corpos de prova foram feitos em 5 grupos, um para cada tipo de concreto definido anteriormente. Foram feitos os rompimentos dos corpos de prova em 3, 7 e 28 dias após a confecção do concreto (3 corpos de prova de cada tipo de concreto em cada data). Essas atividades foram realizadas seguindo o padrão recomendado na norma ABNT NBR 5739:2007 [27]. Para serem encontradas as respectivas resistências, os corpos de prova passaram por um processo de nivelção da superfície e depois foram submetidos a uma prensa hidráulica automática com mostrador digital da marca Pavitest, na unidade quilograma-força (kgf), com capacidade máxima de 100 toneladas e velocidade de aplicação de carga de 6 mm/min.

O ensaio de porosidade foi realizado com base na norma ABNT NBR 9778:1987 [28] com os corpos de prova rompidos após os 28 dias. Para avaliar a resistência mecânica dos concretos produzidos, usou-se como base a norma ABNT NBR 8953:2015 [29], com base nos dados do ensaio de resistência à compressão. Já com relação ao abatimento dos concretos foi usada a mesma norma como referência, relacionando com os dados oriundos do ensaio do *slump test*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

#### 3.1. Caracterização do scrap cerâmico:

A Fig.2 mostra o difratograma obtido da amostra de scrap submetidas ao ensaio de difração de raios X.



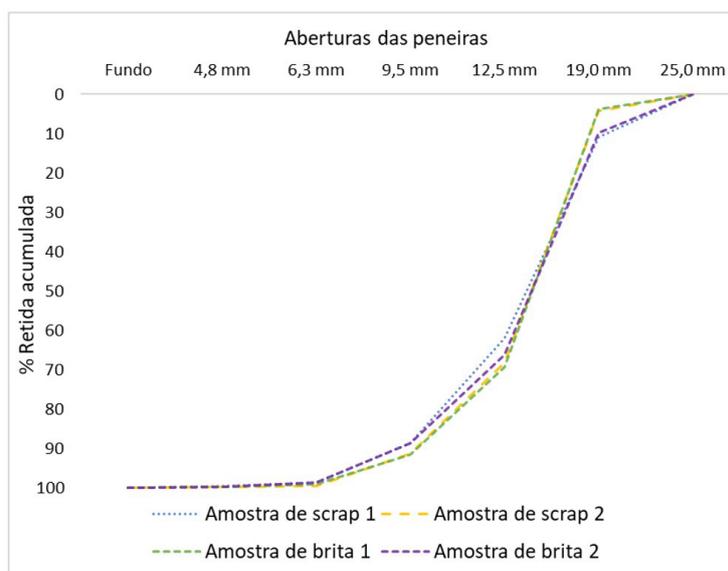
**Figura 2.** Difratograma de raios X do scrap cerâmico

Foram identificadas as fases quartzo (fase cristalina da sílica) e mulita (fase composta por alumina e sílica). Esses dados são confirmados pela análise química obtida pela fluorescência de raios X (Tab.3). Resultado semelhante também foi encontrado por outros autores, como Medina, Frías e Rojas [17] e Almeida et al. [3].

**Tabela 3.** Análise química por fluorescência de raios X do scrap cerâmico

Óxido	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	SrO	ZnO
(% massa)	81,7	11,6	4,0	1,5	0,71	0,35	0,04	0,03	0,02

A Fig.3 compara a granulometria do scrap cerâmico com as britas utilizadas neste trabalho.



**Figura 3.** Distribuição granulométrica do scrap e das britas

De acordo com a Fig.3, observa-se que há similaridade entre a granulometria do scrap e das britas, demonstrando que não deve ocorrer influência do tamanho do scrap no desempenho final do concreto. A massa específica da areia é 2,61 g/cm<sup>3</sup>, a da brita 2,74 g/cm<sup>3</sup> e a do cimento 3,00 g/cm<sup>3</sup> [30]. Já a massa específica do scrap cerâmico é 2,37 g/cm<sup>3</sup>, estando de acordo com valores encontrados por outros autores, como Almeida et al. [3] e Medina et al. [13], (2,40 e 2,39 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente). Em relação à porcentagem de área vitrificada do scrap, foi encontrado um valor de aproximadamente 35% e, conseqüentemente, 65% dele não possui esmalte.

### 3.2. Concreto no estado fresco:

A Tab.4 apresenta o resultado obtido no *slump test* das formulações de concreto.

**Tabela 4.** *Slump test* das formulações de concreto

Concreto	Abatimento (cm)
CR	11,0
CS10	11,0
CS20	11,5
CT10	12,0
CT20	10,0

Observa-se que os abatimentos dos concretos estudados ficaram muito parecidos, reforçando a ideia de que baixas substituições de brita pelo scrap não influenciam no abatimento dos concretos [3].

Além disso, foi observado que os concretos preparados demonstraram excelente homogeneização, não havendo uma diferença visível entre o concreto de referência (CR) e qualquer um dos outros concretos com adição do scrap.

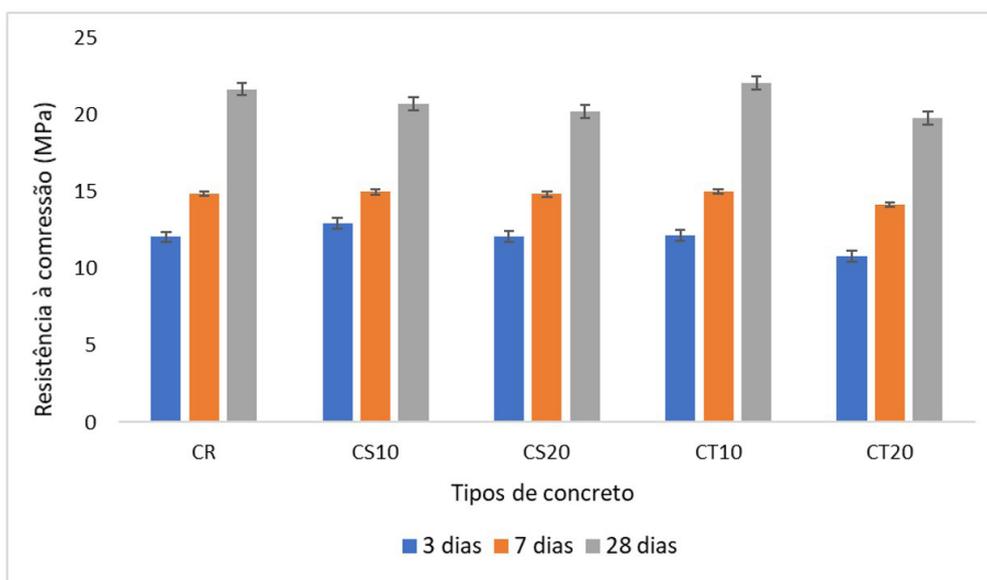
### 3.3. Resistência à compressão:

A Tab.5 contém os valores de resistência à compressão para cada uma das formulações de concreto estudada e os valores médios de resistência à compressão ( $F_{ck}$ ) e o desvio padrão (DP).

**Tabela 5.** Resistência à compressão dos concretos com 3, 7 e 28 dias de cura.

Idade (dias)	CR	CS10	CS20	CT10	CT20
	MPa				
3	12,49	13,34	12,44	12,95	11,31
	12,36	12,81	11,96	12,25	11,05
	11,32	12,73	11,93	11,24	10,06
$F_{ck}$	12,06	12,96	12,11	12,15	10,81
DP	0,52	0,27	0,53	0,70	0,54
7	15,76	15,64	15,46	15,38	14,99
	14,71	15,05	14,83	14,86	13,90
	14,18	14,29	14,25	14,85	13,61
$F_{ck}$	14,88	14,99	14,85	15,03	14,17
DP	0,66	0,55	0,49	0,25	0,59
28	22,38	21,17	20,63	22,81	20,04
	22,00	21,07	20,26	21,25	19,91
	20,68	20,04	19,89	22,14	19,41
$F_{ck}$	21,69	20,76	20,26	22,07	19,79
DP	0,73	0,51	0,30	0,64	0,27

De acordo com os resultados apresentados na Tab.4, observa-se que os valores de resistência à compressão estiveram dentro de intervalos parecidos, devido aos baixos percentuais de substituições e pela similaridade da granulometria da brita e do scrap. A comparação gráfica do resultado da resistência a compressão é verificada no gráfico da Fig.4.



**Figura 4.** Comparação entre valores médios de resistência à compressão entre diferentes formulações e dias de cura

De acordo com a Fig.4 é possível observar o ganho de resistência com o passar dos dias, assim como afirmado por Mehta e Monteiro [14]. Com 28 dias de cura, o CT20 apresentou o menor valor de  $F_{ck}$  (19,79 MPa) e o CT10 apresentou o maior valor (22,07 MPa). Apesar do CT10 ter obtido a maior resistência, essa diferença (1,75% maior que o CR) pode ser considerada insignificante. Pode-se considerar também que o ganho poderia ser aumentado se o produto utilizado para criar poros no scrap cerâmico fosse destinado especificamente para essa função, ou seja, que possuísse uma capacidade maior de corrosão, como o usado no trabalho de Soranzo et al. [18], já que o antiderrapante utilizado tem aplicação comercial e visa uma baixa formação de poros no material para que as propriedades estéticas não sejam perdidas.

Outra resposta que merece destaque foi em relação à proporção de substituição pelo scrap, pois os valores encontrados tanto no CS10 quanto no CT10 foram maiores do que os encontrados no CS20 e no CT20, respectivamente, considerando os  $F_{ck}$  médios em 28 dias. Os resultados são maximizados quando se convergem duas ações: a proporção de substituição adequada do agregado e a maior porosidade do scrap.

### 3.4. Porosidade:

A Tab.6 apresenta os valores encontrados de porosidade para as 3 amostras de corpos de prova, com 28 dias de cura, para cada tipo de concreto, após o rompimento. Além disso, também é mostrada a porosidade média (PM) e o desvio padrão (DP) dos valores.

**Tabela 6.** Valores de porosidade dos concretos em porcentagem

Corpo de prova	CR	CS10	CS20 (%)	CT10	CT20
1	11,43	9,98	11,59	10,02	10,86
2	10,72	10,64	12,11	9,03	10,34
3	12,33	9,79	11,88	10,97	12,08
PM	11,49	10,14	11,86	10,01	11,09
DP	0,66	0,36	0,21	0,79	0,73

Os resultados indicam que a porosidade média dos concretos foi semelhante devido às pequenas substituições de brita por scrap. Almeida et al. [3] encontraram porosidade média de 10,43% para 25% de substituição por scrap, valor próximo ao deste estudo. Resultados semelhantes foram observados em Medina, Frías e Rojas [17] e Medina, Rojas e Frías [31]. Bartosz, Maciej e Pawel [4] ressaltam que a porosidade não é o único fator relevante para a resistência à compressão ao fazer esse tipo de substituição. Embora a face esmaltada reduza a porosidade, ela dificulta a adesão com a argamassa, criando zonas de propagação de tensões, conforme mostra a Fig.5.



**Figura 5.** Interfaces vitrificadas do scrap cerâmico nos corpos de prova: (A) amostra de CS10 (B) amostra CT20

Com base nos resultados obtidos é possível afirmar que não basta simplesmente aumentar a quantidade de poros do scrap ou substituir a brita por valores encontrados em outros trabalhos. É necessário haver uma convergência entre os fatores de tratamento do scrap e do percentual de substituição da brita. Os resultados obtidos nessa pesquisa são um reflexo do antiderrapante e do scrap utilizado, reforçando a ideia de que se deve levar em conta as especificidades dos materiais utilizados.

Acredita-se que a combinação com o melhor resultado foi o CT10, indicando que a porosidade criada pelo antiderrapante influenciou durante a produção do concreto, permitindo a interação da argamassa com o scrap. Porém, no estado endurecido, os poros já não são mais tão relevantes, por já terem sido parcialmente preenchidos durante a cura do concreto e formação das fases finais.

### 3.5. Resistência característica e classes de consistência:

Com base nos dados obtidos na Tab.4 é possível verificar que, com exceção do CT20 (que seria rejeitado para ser usado em fins estruturais), todos os outros concretos se enquadram na classe C20 (resistência acima de 20 MPa), atendendo os objetivos desse trabalho. Com relação ao abatimento dos concretos mostrados na Tab.3, os 5 tipos de concreto se mostraram bem parecidos, enquadrando-se no tipo S100, podendo ser usados em elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto.

## 4. CONCLUSÃO:

Os concretos formulados alcançaram a resistência desejada de 20 MPa, exceto o CT20, sendo o CR e o CT10 os melhores em desempenho. As consistências foram parecidas, indicando que substituir brita por scrap cerâmico (10 e 20%) não afeta a trabalhabilidade. A porosidade, por si só, não explica a resistência, revelando que a proporção de substituição e o tratamento da superfície esmaltada necessitam de uma combinação que leva em conta as variadas características dos materiais locais. A influência do tratamento no scrap se mostrou fundamental nessa pesquisa, indicando que a maior quantidade de poros permite uma zona de transição entre a pasta e o agregado graúdo mais forte, mas que só funciona durante a fase de concreto fresco, não influenciando na porosidade do concreto após seu processo de cura. Por fim, a pesquisa contribui para reinserir resíduos no setor produtivo, gerando benefícios ambientais e econômicos, e promovendo a integração entre construção civil e engenharia de materiais.

## REFERÊNCIAS:

- [1] Souza R M, Ortigara Y V B, Gomes C E M, Magalhães R R, Fontanini P S P, Fontanini A T, 2024. Ecoeficiência de concretos autoadensáveis com resíduo de louça sanitária. *Ambiente Construído* 24. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212024000100739>
- [2] Figueiredo E C, 2020. Avaliação do comportamento de resíduo de louça sanitária (scrap) como agregado de formato homogêneo em variadas formulações de concreto. Poços de Caldas: Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Alfenas.
- [3] Almeida D H, Grillo R H F, Maestrelli S C, Del Roveri C, 2019. Properties of concrete manufactured with use of ceramic sanitary ware waste as aggregate. *Matéria* 24, 2, e-12350. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620190002.0665>
- [4] Bartosz Z, Maciej S, Pawel O, 2016. Ultra-high strength concrete made with recycled aggregate from sanitary ceramic wastes: the method of production and the interfacial transition zone. *Construction and Building Materials* 122, 736-742. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.112>
- [5] ANFACER, 2025. Números do setor. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos Louças Sanitárias e Congêneres <https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>
- [6] Cabral Junior M, Azevedo P B M, Cuchierato G, Motta J F M, 2019. Estudo estratégico da cadeia produtiva da indústria cerâmica no estado de São Paulo: parte III - indústrias de coloríficos, sanitários e cerâmica técnica - isoladores. *Cerâmica Industrial* 24, 3, 15-26. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2019.010>
- [7] Cabral Junior M, Tanno L C, Motta J F M, Ruiz M S, Coelho J M, 2010. Panorama da indústria cerâmica de sanitários no Brasil. *Cerâmica Industrial* 15, 12-18. <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657437f8c9d6e028b4792/pdf/ci-15-5-6-587657437f8c9d6e028b4792.pdf>
- [8] Vieira T, Alves A, Brito J, Correia J R, Silva R V, 2016. Durability-related performance of concrete containing fine recycled aggregates from crushed bricks and sanitary ware. *Materials & Design* 90, 767-776. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.11.023>
- [9] Shoaei P, Ameri F, Musaei H R, Ghasemi T, Ban C C, 2020. Glass powder as a partial precursor in Portland cement and alkali-activated slag mortar: a comprehensive comparative study. *Construction and Building Materials* 251, 118991. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118991>
- [10] Souza R M, Magalhães R R, Campos A T, 2021. Modelo neuro-fuzzy para predição do aporte de energia de diferentes dosagens de concreto em edificações. *Ambiente Construído* 21, 2, 295-309. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300555>

- [11] Souza R M, Magalhães R R, Campos A T, Veloso A V, 2022. Modelo *neuro-fuzzy* para predição das emissões de CO<sub>2</sub> de dosagens de concreto para biodigestores na suinocultura. *Ambiente Construído* 22, 4, 321-334. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000400642>
- [12] Reig L, Soriano L, Borrachero M V, Monzó J M, Payá J, 2022. Potential use of ceramic sanitary ware waste as pozzolanic material. *Boletín de la Sociedade Española de Cerámica y Vidrio* 61, 611-621. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2021.05.006>
- [13] Medina C, Sánchez de Rojas M I, Thomas C, Polanco J A, Frías M, 2016. Durability of recycled concrete made with recycled ceramic sanitary ware aggregate. Inter-indicator relationships. *Construction and Building Materials* 105, 480–486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.176>
- [14] Mehta P K, Monteiro P J M, 2008. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON.
- [15] ABCERAM, 2025. *Cerâmica no Brasil: número do setor*. Associação Brasileira de Cerâmicas. <http://abceram.org.br/numeros-do-setor/>
- [16] CONAMA, 2002. Resolução nº 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente. [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=305](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305)
- [17] Medina C, Frías M, Rojas M I S, 2012. Microstructure and properties of recycled concretes using ceramic sanitary ware industry waste as coarse aggregate. *Construction and Building Materials* 31, 112-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.075>
- [18] Soranzo M, Rambaldi E, Prete F, Bonvicini G, Bignozzi M C, 2017. Limpabilidade de porcelanato polido. *Cerâmica Industrial* 22, 5/6, 7-11. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2017.032>
- [19] Pisoclean, 2025. *Antiderrapante LP: detalhes técnicos*. <https://pisoclean.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Antiderrapante-LP-5L.pdf>
- [20] ABNT NBR NM 248, 2003. *Agregados. Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [21] ABNT NBR 16916, 2021. *Agregado miúdo. Determinação da densidade e da absorção de água*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [22] ABNT NBR 16917, 2021. *Agregado graúdo. Determinação da densidade e da absorção de água*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [23] ABNT NBR 12655, 2015. *Concreto de cimento Portland. Preparo, controle, recebimento e aceitação. Procedimento*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [24] ABNT NBR NM 33, 1998. *Concreto: amostragem de concreto fresco*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [25] ABNT NBR NM 67, 1998. *Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [26] ABNT NBR 5738, 2015. *Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [27] ABNT NBR 5739, 2007. *Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [28] ABNT NBR 9778, 1987. *Argamassa e concreto endurecidos. Determinação da absorção de água por imersão: índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [29] ABNT NBR 8953, 2015. *Concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [30] CSN, 2025. *CSN cimentos*. Companhia Siderúrgica Nacional. <https://csncimentosbrasil.com.br/>
- [31] Medina C, Rojas M I S, Frías M, 2012. Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes. *Cement and Concrete Composites* 34, 48-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.08.015>