ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

ESTUDO SOBRE A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RECICLADO PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE TIJOLOS CERÂMICOS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA ESTRUTURAL

Study on the Partial Replacement of Natural Fine Aggregate by Ceramic Bricks Wastes in the Production of Structural Mortar

Luiza Gomes Corrêa Parente
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | luizagcp@ufmg.br

Luciana Dias Martins da Costa Castro
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | lucianadias@pucminas.br

Dayana Cristina Silva Garcia
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | dayanacsgarcia@gmail.com

White José dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | white.santos@demc.ufmg.br

Resumo

A extração de insumos minerais faz com que a construção civil seja um dos setores que mais provoca impactos ambientais. Os agregados da construção civil (brita e areia) são os insumos mais consumidos atualmente no mundo, portanto, a reciclagem dos resíduos da construção e demolição tem sido uma das alternativas na redução desses impactos. Resíduos cerâmicos possuem propriedades inertes e, por isso, sempre trazem dificuldades para a organização e sociedade, exigindo tratamento especial desses materiais e afetando os custos comerciais. O presente trabalho apresenta resultados de ensaios de resistência à compressão, tração, absorção de água, porosidade e massa específica de argamassa com substituições de agregado natural por agregado reciclado proveniente de resíduos de tijolo cerâmico. Os resultados mostraram que os resíduos cerâmicos provenientes da construção e demolição podem ser utilizados para produção de argamassas estruturais.

Palavras-chave: Agregado; Argamassa Estrutural; Resíduo de Tijolo Cerâmico.

ABSTRACT

The extraction of mineral supplies makes civil construction one of the sectors that most causes environmental impacts. Construction aggregates (gravel and sand) are the most consumed supplies in the world today, therefore, recycling construction and demolition waste has been one of the alternatives to reduce these impacts. Ceramic wastes have inert properties and, therefore, always bring difficulties to the organization and society, requiring special treatment of these materials and affecting commercial costs. This work presents results of compressive strength, traction, water absorption, porosity and specific mass tests of mortar with replacement of natural by recycled aggregate from ceramic brick wastes. The results showed that ceramic waste from construction and demolition can be used to produce structural mortars.

Keywords: Aggregate; Structural Mortar; Ceramic Bricks Waste.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais fabricantes de revestimentos cerâmicos, ocupando, mundialmente, a terceira posição em produção e a segunda posição em consumo (ANFACER, 2022). Em 2022, a produção de revestimentos cerâmicos atingiu 927,2 milhões de metros quadrados, de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (ANFACER, 2022). Essa grande quantidade fez com que os revestimentos cerâmicos estivessem entre os materiais mais consumidos no mundo. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2011), o Brasil desperdiça cerca de 8 bilhões de reais por ano devido à ausência de práticas de reciclagem em relação aos seus produtos, porque não recicla seus produtos. Os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades são provenientes da construção civil e 70% desse total poderia ser aproveitado. Parte da produção diária de resíduos da construção civil acaba em desperdício durante o processo de produção devido à erros de fabricação, atividades humanas e matérias-primas inadequadas. Alguns outros são gerados durante o processo de transporte e distribuição e como resultado da demolição de estruturas existentes (MIOTTO, 2013). No período recente, tem-se assistido a uma crescente preocupação social com a gestão de resíduos, geralmente os resíduos da indústria da construção, que incluem resíduos de construção e demolição (RCD), telhas quebradas, resíduos de louças sanitárias etc.

Atualmente esses materiais residuais são transportados para aterros que não só ocupam terrenos férteis como também causam danos ao meio ambiente. Existem muitos estudos em que esses resíduos podem ser utilizados para a preparação do concreto, substituindo certa porcentagem dos componentes pelos resíduos cerâmicos. Assim, a utilização de resíduos cerâmicos no concreto o torna econômico e resolve os problemas de descarte. Além da prevenção do meio ambiente, o aproveitamento desses resíduos cerâmicos traz uma série de vantagens, como a redução do uso de matéria-prima, o que contribui ainda mais para a valorização dos recursos naturais. O uso da cerâmica ajuda o meio ambiente, seja pelo uso de materiais residuais, seja pela redução da dependência dos recursos naturais (ALVES *et. al*, 2014; SIDDIQUE *et. al*., 2018; ANDERSON *et. al*, 2016; KESHAVARZ *et. al,* 2019; HUSEIEN *et. al*., 2020; AVINASH *et. al*., 2021).

Diante desse cenário, o objetivo principal da pesquisa foi analisar a viabilidade técnica da utilização de resíduos de tijolos cerâmicos na produção de argamassa estrutural, tendo como foco a ampliação do conhecimento das propriedades e comportamentos das argamassas produzidas com este material. As argamassas estruturais podem ser utilizadas em paredes finas [14], cascas de concreto armado [15] e coberturas finas de concreto armado [16]. Sua espessura pode variar de 5 a 8 cm. Para a argamassa estrutural espera-se encontrar valores acima de 20MPa de resistência à compressão (ABNT NBR 6118 2014) e que a resistência à tração variaria entre 7 e 11% da resistência à compressão (MEHTA, MONTEIRO (2008).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento utilizado foi o Portland CPII-E32 encontrado no comércio da cidade de Belo Horizonte/MG. O agregado reciclado escolhido foi o tijolo cerâmico proveniente de uma obra de reforma residencial na cidade de Belo Horizonte – Minas Gerais. A trituração do agregado reciclado foi feita de forma manual. Por se tratar de materiais depositados em ambiente descoberto e exposto a intempéries, foi realizado o processo de secagem da amostra em estufa para realização do ensaio de granulometria descrito pela NBR 17054 (ABNT, 2022). A água foi proveniente do sistema de abastecimento da cidade de Belo Horizonte. Segundo análises da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA MG) o pH médio foi de 8,05 para os meses em que a produção foi executada (Agosto/2016 e Setembro/2016).

Foram confeccionadas composições de argamassa com diferentes percentuais de substituição de agregado natural pelo agregado reciclado, sendo o tijolo cerâmico o material reciclado utilizado. O agregado reciclado foi triturado de forma manual e passado em peneira para retirada do material fino. Os percentuais de substituição variaram entre 0% (referência), 20%, 30% e 50% em relação à massa da areia. Para a

confecção das argamassas foi adotado o traço 1:3 (cimento e areia), definido em massa. A relação água/cimento utilizada para a produção das misturas foi igual a 0,60.

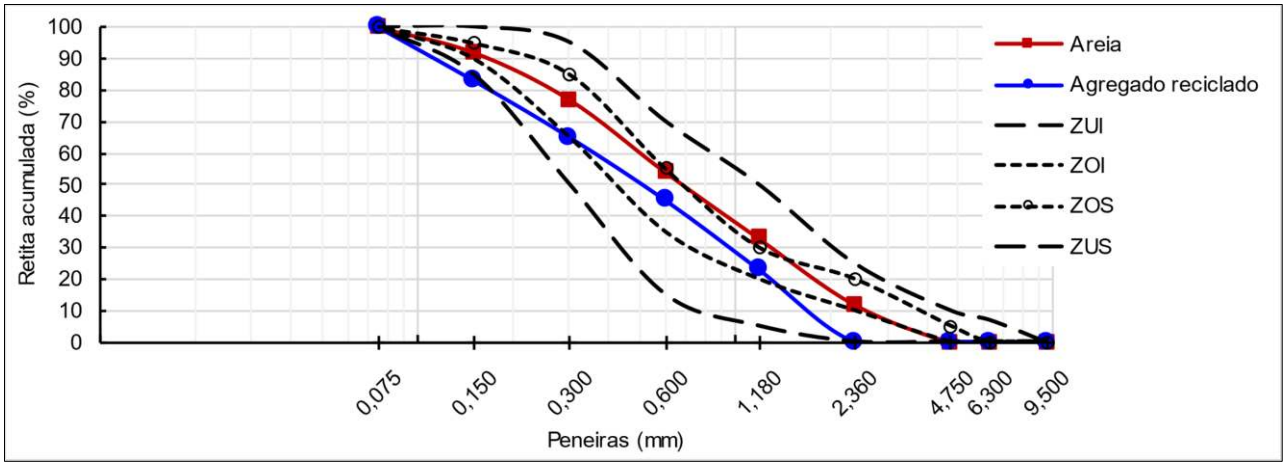
Foram determinadas as curvas granulométricas do agregado natural e reciclado proveniente dos tijolos. Os corpos de prova foram colocados em câmara úmida com umidade acima de 90% e temperatura de 25±5ºC até véspera do ensaio. As resistências à compressão foram determinas nas idades de 7, 14 e 28 dias em três corpos de prova ϕ50 mm *x* 100 mm para cada proporção de substituição, em conformidade com a NBR 7215 (ABNT, 2019), utilizando uma prensa universal Amsler, com velocidade constante durante todo o ensaio. Antes do ensaio a superfície foi regularizada no retificador de corpo de prova para aplicação uniforme das cargas. As resistências à tração por compressão diametral foram determinadas na idade de 28 dias em três corpos de prova ϕ50 mm X 100 mm para cada proporção de substituição, em conformidade com a norma NBR 7222 (ABNT, 2011), utilizando a mesma prensa do ensaio de resistência à compressão, com velocidade constante durante todo o ensaio. O ensaio de determinação da absorção de água, porosidade e massa específica foi determinado após a idade de 28 dias em quatro corpos de prova ϕ50 mm X 100 mm para cada proporção de substituição, em conformidade com a norma NBR 9778 (ABNT, 2009).

3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 GRANULOMETRIA

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos na análise granulométrica do agregado natural e do agregado reciclado. Percebe-se que tanto a areia natural quanto o agregado reciclado possuem curvas granulométricas similares e dentro da zona ótima de utilização, logo adequando para serem usados em concretos e argamassas estruturais.

Figura 1: Curva granulométrica dos agregados miúdos.



A areia natural e o agregado reciclado apresentaram dimensão máxima característica similares e no valor de 2,36. A areia natural apresentou um módulo de finura de 2,68 e o agregado reciclado obteve um módulo de finura de 2,16, logo, percebe-se que o agregado reciclado é levemente mais fino que a areia natural, corroborado pela Figura 1.

3.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Analisando a Figura 2, nota-se que a composição com 20% de agregado reciclado e 80% de agregado natural superam em 35% (média de 28,35±2,95 MPa) os valores da argamassa de referência para as idades analisadas. Resultado divergente das demais proporções que apresentaram quedas de 30,32% e 57,62% para os teores de agregado reciclado de 30 e 50%, respectivamente. O aumento pode estar associado ao melhor empacotamento das partículas devido a forma e distribuição granulométrica (SILVA NETO *et al*., 2020). Além disto, a grande porosidade e absorção dos agregados reciclados tendem a reduzir o valor da relação água-cimento efetiva que pode aumentar a resistência a compressão (SILVA NETO *et al*., 2022).

Ao analisar Figura 3 é possível ver que as resistências das composições possuem um crescimento com o avançar da idade, com exceção da composição que contém 50% de agregado reciclado, que houve

redução na média da resistência de 7,96%. Esta variação está dentro do intervalo de confiança do resultado médio, logo acredita-se que a pequena variação seja oriunda de problemas de moldagem e somente demonstram a manutenção da carga de ruptura após os 28 dias.

Figura 2: Resistência a compressão axial.

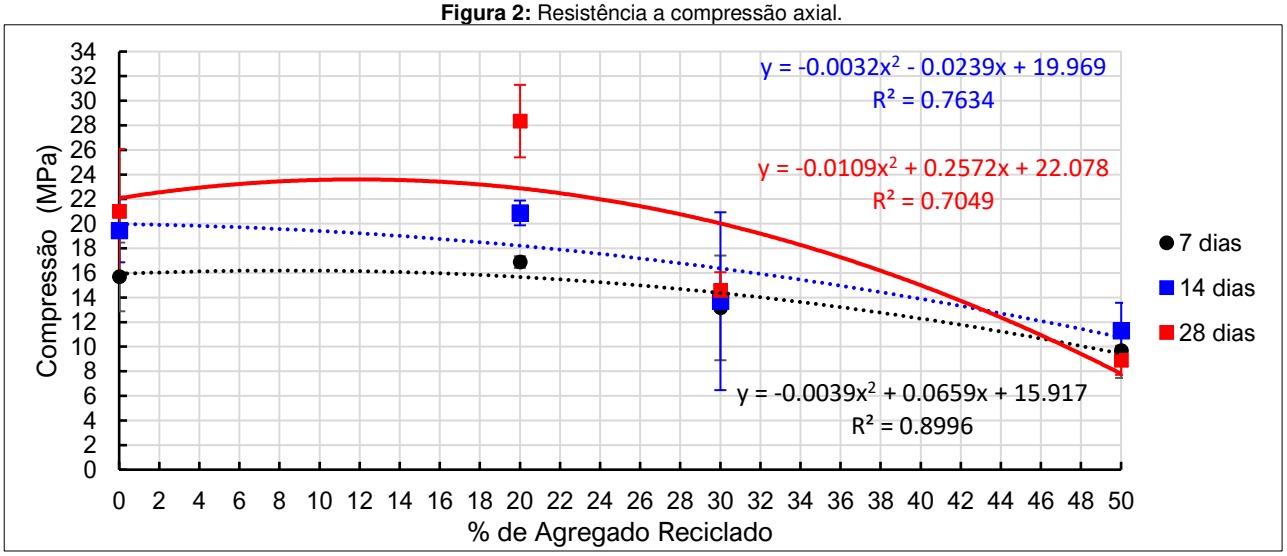
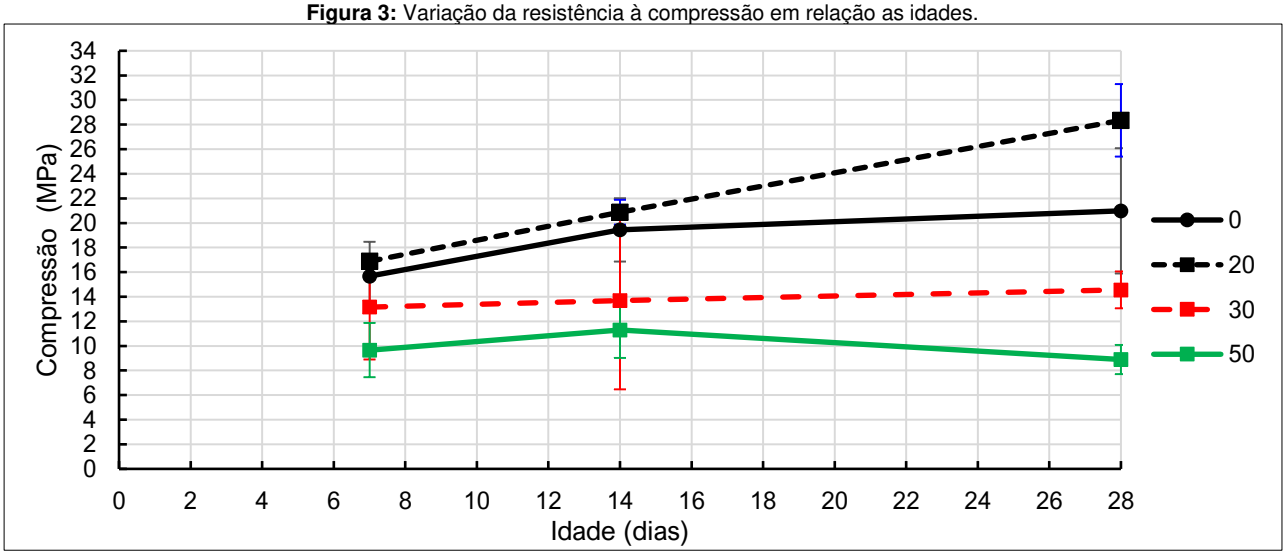


Figura 3: Variação da resistência à compressão em relação as idades.



Constata-se ainda, que a composição com 20% de agregado reciclado superou os resultados da argamassa de referência, superou o valor de 20MPa citado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) e que há uma tendência à rápida evolução da hidratação da argamassa com agregado reciclado, que pode ser resultado da taxa de absorção mais alta do agregado reciclado (ROSADO *et al.*, 2022, SILVA NETO *et al.*, 2022). A Figura 2 mostra que o teor de 20% de agregado reciclado melhora as propriedades, podendo ser considerado um teor ótimo para substituição para essa propriedade.

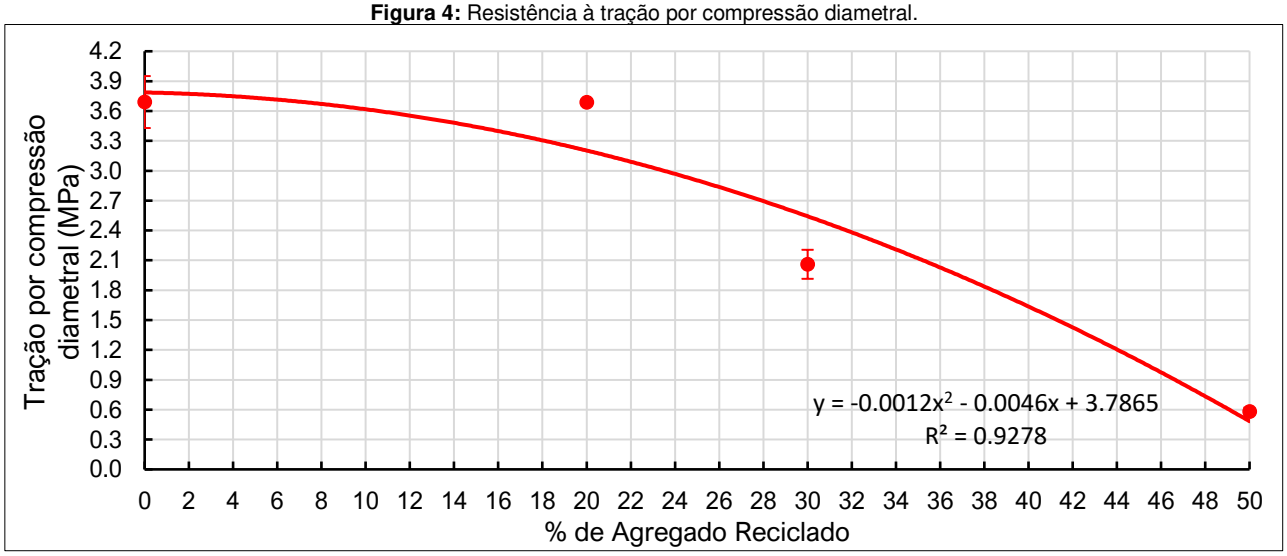
O agregado reciclado apresenta um maior teor de finos e alguns trabalhos (SILVA NETO *et al.*, 2022) abordam que estes finos poderiam atuar como materiais pozolânicos e assim maximizar a resistência a compressão. Tal tendência pode ser vista no resultado atual (Figura 3) no qual a partir de 14 dias identifica-se uma maior taxa de crescimento da resistência a compressão. Ressalta-se que estudo mais aprofundados sobre a pozolanicidade destes materiais precisam ser realizados.

3.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Os resultados da resistência à tração por compressão diametral estão expostos na Figura 4. Percebe-se que a resistência a tração por compressão diametral das argamassas com agregado reciclado foi influenciada pela presença deste agregado no qual houve queda expressiva de 44,17% e 84,28% para as composições com 30% e 50% de substituição, respectivamente. Acredita-se que a elevada porosidade e baixa resistência mecânica do agregado reciclado podem ter prejudicado a ancoragem na matriz

corroborando com os resultados encontrados. Tem-se ainda, que segundo Rosado *et al*. (2022), a alta taxa de absorção do material pode contribuir para o aumento da coesão da mistura, dificultando o seu adensamento, ocasionando aumento da porosidade da matriz, sobretudo na zona de transição com o agregado e, consequentemente, diminuindo a resistência à tração por compressão diametral. No entanto, não se identificou alteração na tração para composições com até 20% de substituição. Desta forma, pode-se afirmar que estes efeitos são poucos pronunciados em teores de até 20%.

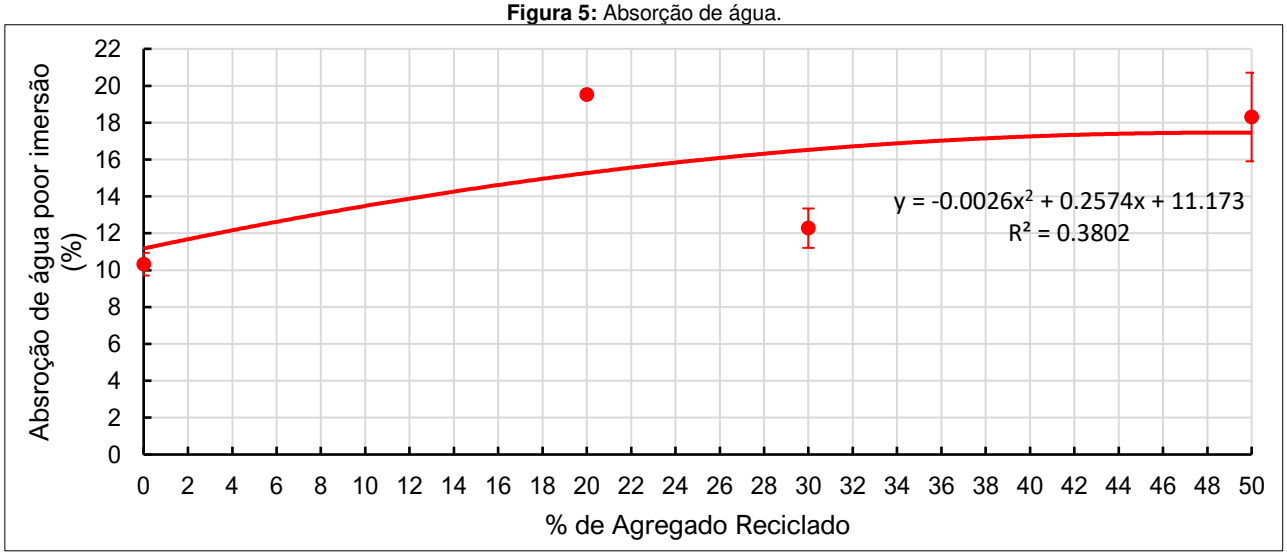
Figura 4: Resistência à tração por compressão diametral.



3.5 ABSORÇÃO, POROSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

Constata-se, pela Figura 5, altas (aumento médio de 89,04 e 77,32% de 20 e 50% de agregado reciclado, respectivamente) taxas de absorção nas argamassas com resíduo. Porém o teor de 30% apresentou um amento bem menor (somente de 18,91%) na absorção de água. Ao analisar a variação dos resultados, contata-se que 30 e 50% de agregado reciclado tiverem desvios maiores, contudo sem se sobrepor. Diante do exposto, acredita-se que a variação do empacotamento de partículas, aumento da coesão da mistura em função do teor de finos e redução da trabalhabilidade, dificultaram o adensamento o ocasionaram o aumento da porosidade da argamassa (Figura 6) nas proporções de 20 e 50%. Com isto, houve o aumento da quantidade de poros e consequentemente a conectividade entre eles.

Figura 5: Absorção de água.



Percebe-se uma queda de 22.55% na massa específica quando se substitui 20% do agregado natural por agregado reciclado conforme visto na Figura 7. Após este teor, esta propriedade apresenta pouca variação. Isto pode estar associado à maior porosidade intrínseca ao material reciclado além da massa específica do agregado reciclado ser menor do que a massa específica do agregado natural.

Figura 6: Porosidade.

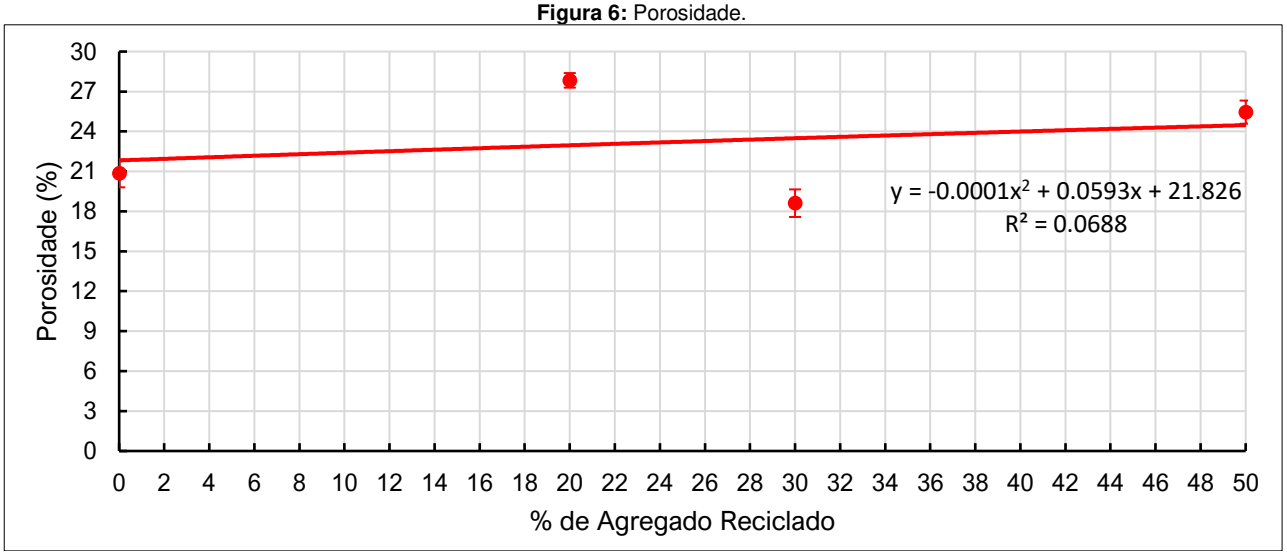
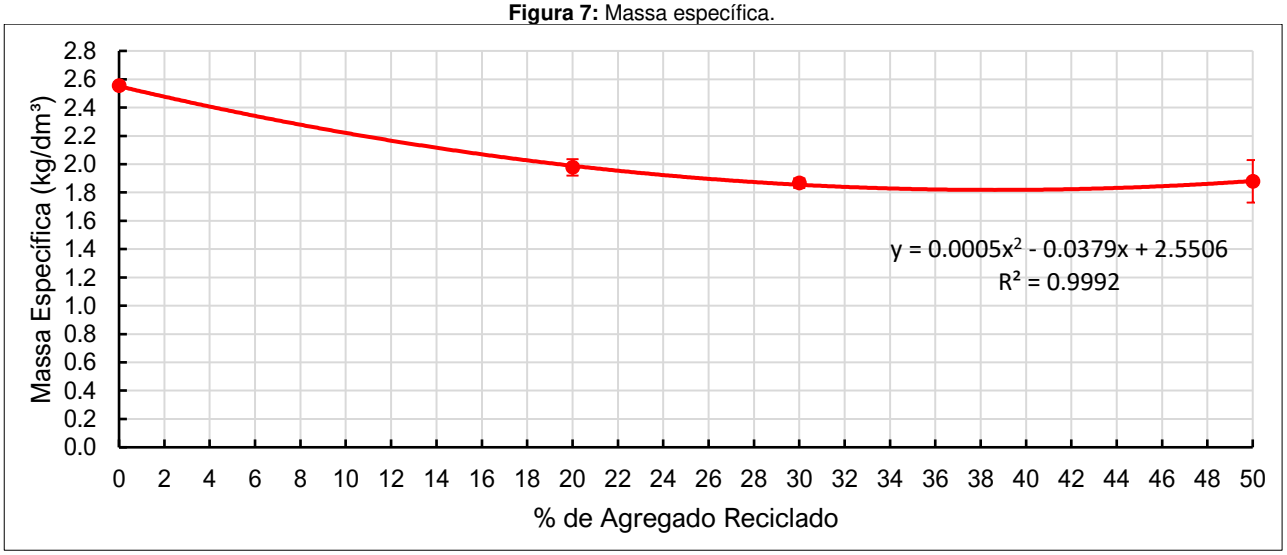


Figura 7: Massa específica.



4 CONCLUSÃO

Conclui-se que quanto as propriedades mecânicas, as composições com substituições de 20% de agregado natural por reciclado atingiram resultados superiores em relação à argamassa de referência, deferente das demais proporções que apresentaram queda acentuadas. Quanto a absorção de água, porosidade e massa específica, conclui-se que o acréscimo do resíduo cerâmico proporcionou uma redução da massa específica e um aumento da porosidade e de absorção de água por imersão devido ao efeito de empacotamento de partículas, aumento do teor de finos e redução da trabalhabilidade da argamassa.

Diante do exposto, a composição que substitui 20% do agregado natural por agregado reciclado, apresentou resultados satisfatórios para a produção de argamassa e concorre para o estabelecimento de práticas sustentáveis contribuindo com a redução do consumo de recursos naturais, proporcionando o reaproveitamento de resíduos.

REFERÊNCIAS

ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Disponível em: <https://abrecon.org.br/artigos/governos-desperdicam-mais-de-r-8-bilhoes-com-o-lixo>. Acesso em: 12 mai. 2023.

ALVES, A. V., VIEIRA, T. F., DE BRITO, J., CORREIA, J. R. Mechanical Properties of Structural Concrete With Fine Recycled Ceramic Aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 64, p. 103-113, aug. 2014.

ANDERSON, D. J., SMITH, S. T., AU, F. T., K. Mechanical Properties of Concrete Utilising Waste Ceramic as Coarse Aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 117, p. 20-28, aug. 2016.

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. *Números do Setor Cerâmico*. Disponível em:<https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>. Acesso em: 06 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

_____.**NBR 7222**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

AVINASH, K., KAVITHA, K. Experimental Study on Effect of Ceramic Waste as a Filler in Bituminous Concrete Mix. **Journal of Engineering Sciences**, v. 12, dec. 2021.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). Disponível em: <https://www2.copasa.com.br/servicos/RelatorioQualidade/index.html> Acesso em: 20 mar. 2017.

HUSEIEN, G. F., SAM, A. R. M., SHAH, K. W., MIRZA, J. Effects of Ceramic Tile Powder Waste on Properties of Self-Compacted Alkali-Activated Concrete. **Construction and Building Materials**, v. 236, mar. 2020.

KESHAVARZ, Z., MOSTONFINEJAD, D. Porcelain and red ceramic wastes used as replacements for coarse aggregate in concrete. **Construction and Building Materials**, v. 195, p. 218-230, jan. 2019.

METHA, P. K; MONTEIRO, P.J.M. *Microestrutura, propriedades e materiais*. 3 ed. Editora Imbracon, São Paulo, 2008.

MIOTTO, J.L. **Princípios para o projeto e produção das construções sustentáveis**. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2013.

ROSADO, S.; COSTAFREDA, J.; MARTÍN, D.; PRESA, L.; GULLÓN, L. *Recycled Aggregates from Ceramic and Concrete in Mortar Mixes: A Study of Their Mechanical Properties*. **Materials. V.** 15. Ed. 24, 8933, 2022. https://doi.org/10.3390/ma15248933.

SILVA NETO, G. A.; OLIVEIRA, J. P. V.; SALLES, P. V.; BARROS, R. T. V.; PAULINO, M. T., SANTOS, W. J. *Influence of Heterogeneity, Typology, and Contaminants of Recycled Aggregates on the Properties of Concrete*. **Open Construction Building Technology Journal**, Belo Horizonte, MG, v. 14, dez. 2020.:10.2174/1874836802014010382.

SIDDIQUE, S., SHRIVASTAVA, S., CHAUDHARY, S. *Durability Properties of Bone China Ceramic Fine Aggregate Concrete*. **Construction and Building Materials**, v. 173, p. 323-331, jun. 2018.

SILVA NETO, G. A.; PRADO, D. F.; BEZERRA, A. C. S.; SANTOS, W. J; GUMIERI, A. G. *Effect of different fine recycled aggregates and superplasticizer on microconcretes' performance*. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, Belo Horizonte, MG, n. 49, mai. 2022. doi: https://doi.org/10.1007/s41024-022-00192-z.