

INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM ARGAMASSAS NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO OU DO CIMENTO

https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119

TORRES; ARIELA DA SILVA[1]; PINZ; FRANCIELLI PRIEBBERNOW[1]; PALIGA; CHARLEI MARCELO[1]
[1]UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS.
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: CHARLEI.PALIGA@UFPEL.EDU.BR

RESUMO: A reutilização de resíduos faz parte da realidade econômica e ambiental da indústria da construção civil. Neste contexto, o objetivo do trabalho é avaliar o resíduo de cerâmica vermelha (RCV) como substituinte, em argamassas mistas (1:2:8), ao cimento Portland e ao agregado miúdo. Os teores de substituições ao cimento foram 5%, 10% e 15% e, ao agregado miúdo, de 10%, 15% e 20%. Os resultando indicam que parâmetros físicos são mais beneficiados pela presença do RCV. Já nos mecânicos, as substituições com agregado impactam mais negativamente na resistência à compressão, e a tração na flexão não é impactada.

PALAVRAS-CHAVES: RCV, Argamassas, Reciclagem de resíduos, Tecnologia da arquitetura.

ABSTRACT: The reuse of waste is part of the economic and environmental reality of the construction industry. In this context, the objective of the work is to evaluate the red ceramic residue as a substitute, in mixed mortars (1: 2: 8), to Portland cement and as fine aggregate. The contents of substitutions to cement were 5%, 10% and 15% and, in the small aggregate, 10%, 15% and 20%. The results indicate that physical parameters are most benefited by the presence of the RCV. In the case of mechanics, substitutions with aggregate have a more negative impact on the compressive strength, and the flexural tensile strength is not impacted.

KEYWORDS: RCV, Mortars, Waste recycling, Architecture technology.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria da cerâmica vermelha ou cerâmica estrutural, responsável por produzir blocos, tijolos e telhas, tem sua existência diretamente relacionada com a construção civil, sendo notoriamente importante para o país. A extração da argila, matéria-prima utilizada, e o processo de queima das peças são altamente nocivos. As falhas no processo produtivo das peças de cerâmica vermelha geram o resíduo de cerâmica vermelha (RCV), sendo que no Brasil, a geração deste varia de 5% a 20% da produção industrial, dependendo do nível de controle tecnológico da fábrica. Cabe ressaltar que esta indústria, no Brasil, ainda possui, em sua maioria, características bastante artesanais e de pouca tecnologia em comparação com outros ramos do setor construtivo, e consequentemente, apresenta práticas de controle de qualidade pouco eficazes, grande geração de resíduos, e relativa despreocupação com a sua destinação(1).

Existem diversos estudos que avaliaram a aplicação do RCV como substituinte

parcial ao cimento, dentre os quais podem ser citados Araújo[2] e Shao et al.[3], e ao agregado, Cabrera et al.[4] e Dang et al.[5]. No entanto, os autores concordam que as propriedades do RCV influenciam muito nas propriedades da argamassa, e estas propriedades estão diretamente relacionadas com fatores como a composição da argila utilizada como matéria-prima e o processo de queima e temperatura atingidos durante o processo de fabricação. Um exemplo disso é que em alguns casos o resíduo apresenta atividade pozolânica e outras não[6]. Além disso, destaca-se que apesar dos estudos citados, os estudos que tratam do comportamento deste resíduo em argamassas mistas ainda são poucos e incipientes.

Levando-se em consideração todos os aspectos apontados sobre a necessidade e a importância social e econômica de encontrar uma apropriada destinação e reutilização para os resíduos gerados, utilizando-se do potencial da construção civil como alternativa, e com objetivo de diminuir seus impactos ambientais, o objetivo geral deste trabalho é avaliar o uso do RCV em argamassas mistas, de cimento e cal hidratada, como substituinte parcial ao agregado miúdo ou ao aglomerante, considerando os parâmetros físicos e mecânicos exigidos às argamassas convencionais.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais utilizados

O RCV utilizado foi coletado em estado natural no polo ceramista da cidade de Pelotas/RS, onde vários terrenos baldios próximos as olarias servem de descarte para as empresas. Cabe ressaltar que todas as empresas locais utilizam a mesma jazida de argila, e que, portanto, tem a mesma matéria-prima. Dada a discrepância dimensional do resíduo em seu estado natural, o material foi encaminhado para o processamento, que foi feito em britador de mandíbula, por ser o método de processamento com menor consumo energético.

O material foi então caracterizado fisicamente, assim como a areia utilizada como agregado miúdo nas argamassas, seguindo-se todas as recomendações das normas da ABNT. Os resultados obtidos foram, respectivamente para o RCV e para a areia: módulo de finura de 3,57 e 2,82; massa específica de 2,44 g/cm^3 e 2,62 g/cm^3 e absorção de 10,26% e 0,66%. De acordo com os indicadores físicos obtidos na caracterização foram tomadas decisões sobre os traços de argamassa. Os valores próximos de massa específica indicaram a possibilidade de substituição em massa dos materiais. Já o elevado teor de absorção apresentado pelo RCV chamou atenção para o risco de se utilizar o mesmo fator água/cimento para todas as argamassas, tendo em vista que o próprio resíduo iria absorver água de amassamento, ocasionando em argamassas muito distintas do ponto de vista da trabalhabilidade e, possivelmente, inaplicáveis. Por isto, optou-se por trabalhar com o parâmetro de trabalhabilidade fixado, pelo índice de consistência, em 260±5mm.

Visando a utilização do mesmo resíduo como substituinte parcial ao aglomerante nas argamassas, foi feita também a caracterização química do material, para identificar a potencialidade como material pozolânico. Foram realizados os ensaios prescritos na NBR 12653[7]. Dos três parâmetros avaliados, dois deles corresponderam aos requisitos para que o material seja considerado pozolânico, com índice de atividade pozolânica

com cimento aos 28 dias de 119,57%, e soma de 85,81% dos óxidos SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3. No entanto, o RCV não apresentou o índice de atividade pozolânica com cal necessária para classificá-lo como pozolânico (0,35 MPa). Desta forma, foi necessário considerar a recomendação já feita por outros autores, e utilizar teores de substituição que não excedam 20%[2].

O aglomerante utilizado nas argamassas foi o Cimento Portland CP IV 32, tendo sido feita esta definição devido ao fato deste ser o cimento com maior quantidade de adições. Para as argamassas mistas foi utilizada cal hidratada.

2.2 Método

O traço unitário utilizado, em massa, foi 1:2:8 (cimento:cal:areia) e a substituição no agregado foi feita nos teores de 10%, 15% e 20%, igualmente distribuídas nas quatro frações do agregado miúdo das argamassas, utilizando o material peneirado nas mesmas malhas. Já as substituições no aglomerante foram realizadas nos teores de 5%, 10% e 15%, sendo importante ressaltar que, a substituição foi feita apenas pelo cimento, e não pela cal. Ao final, foram executados 7 traços de argamassas, sendo M_REF o traço referência; M_C5, M_C10 e M_C15 os traços com substituição no aglomerante; e M_A10, M_A15 e M_A20 os traços com substituição no agregado. Os mesmos foram executados em argamassadeira planetária, tendo como referência as etapas de moldagem da NBR 7215[8]. Com a especificação do valor do índice de consistência, cada traço recebeu a quantidade de água necessária para atingir este parâmetro, sendo feitas as correções necessárias sem alteração no traço.

Das argamassas foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5cmx10cm (diâmetro x altura), para a realização dos ensaios de resistência à compressão aos 7, 28 e 63 dias, absorção por imersão e absorção por capilaridade, ambas aos 28 dias, e corpos de prova prismáticos de 4cmx4cmx16cm (largura x altura x comprimento) para o ensaio de resistência à tração na flexão aos 28 dias. Para cada ensaio em sua respectiva idade foram moldados seis corpos de prova do mesmo traço. Os resultados foram tratados, então, através da análise estatística de variâncias de duas vias (Anova), que avalia a significância da diferença entre as médias dos resultados, identificando influência das variáveis. Foi aplicado, também, o Teste Tukey para identificar as diferenças entre os pares de médias.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Comportamento mecânico

O comportamento mecânico quanto à compressão (Figura 1) não foi tão distinto entre as duas tipologias de substituição. Além disso, fica claro o efeito do resíduo ao longo do tempo nas argamassas, visto que, os comportamentos dos traços sofrem mudanças em todos os intervalos de tempo. O próprio desvio padrão é um indicativo disto, pois observa-se que aos 7 dias o comportamento dos traços foi mais homogêneo, enquanto que aos 28 e 63 dias, o desvio padrão aumentou. Ademais, o ganho de resistência dos traços de argamassas mistas com substituição no aglomerante foi especialmente elevado nos traços M_C10 e M_C15 aos 28 dias, mas apresentaram mais uma inconsistência aos 63 dias, pois o traço M_C15 perdeu resistência no teor de quase

20%, representando uma deficiência do teor de 15% de substituição. Cabe ressaltar que o RCV não alcançou o índice necessário no ensaio de IAP com cal e, tratando-se de argamassas mistas, esta interferência pode ser atribuída a reação com a parcela de cimento da argamassa.

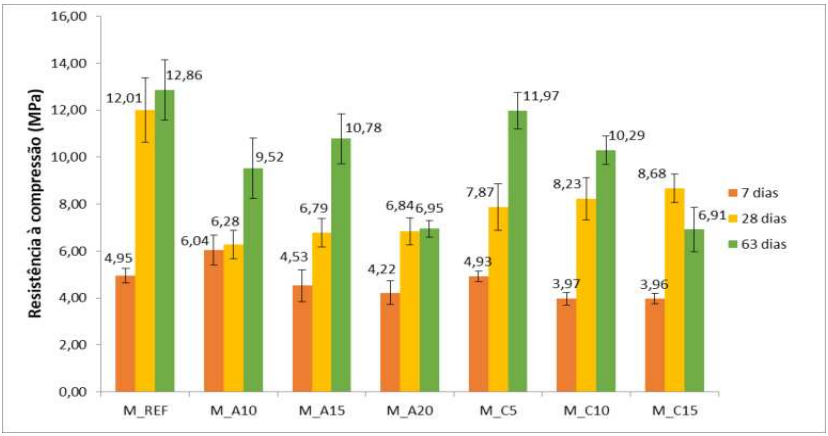

Figura 1: Resultados de resistência à compressão aos 7, 28 e 63 dias

Fonte: Autora

Outra importante observação é o fato de que, em nenhuma das tipologias de substituição, foi possível estabelecer uma relação entre o comportamento mecânico e o teor de substituição aplicado. As substituições no agregado, aos 28 dias, interferem no comportamento das argamassas, representando menores resistências à compressão, independente do teor de substituição, como ficou evidente pela análise estatística, que indicou diferença com o traço M_REF mas igualdade entre os teores de substituição. Além disso, todos ultrapassaram o valor de 6 MPa, o que possibilita sua especificação em projetos, nas classificações de P5 e P6 da NBR 13281[9]. Desta forma, quanto a resistência à compressão ainda é possível realizar os três teores de substituição, embora, a queda de resistência indique que a substituição em outros traços deve ser avaliada.

Nos traços com substituição no aglomerante, os resultados aos 28 dias também indicam igualdade estatística de médias, não indicando a melhoria de desempenho esperada. Estas análises possibilitam a indicação de argamassas mistas com 15% de substituição no cimento, considerando o fato de que as três testadas são iguais, e de que todos os traços apresentaram valores usuais de acordo com a NBR 13281[9]. No entanto, na análise estatística para os resultados de compressão aos 63 dias, é possível identificar uma queda no desempenho relacionada com o aumento do teor de substituição no aglomerante. O traço M_C5 foi o único que obteve igualdade de comportamento com o traço referência, de acordo com a estatística, enquanto que os outros dois traços tiveram resistência inferior. Além disso, todos os traços com substituição no aglomerante obtiveram resistências à compressão diferentes entre si, indicando a interferência do RCV ao longo do tempo nas argamassas, dada sua não reatividade com a cal. A partir disto, a substituição do aglomerante no teor de 5% pode

ser mais recomendável.

No teste mecânico referente à resistência à tração na flexão das argamassas mistas, com resultados apresentados na Figura 2, novamente não foi possível verificar relação entre as tipologias e os teores de substituição e os resultados apresentados. No entanto, destacaram-se os elevados desvios padrão, especialmente nos traços com maiores teores de substituição, M_C15 e M_A20.

Em ambas as tipologias, os maiores teores de substituição representaram os maiores valores de resistência. No entanto, a primeira etapa da análise estatística não identificou nenhuma diferença significativa nas médias, uma vez que o p-value encontrado para a análise da interferência dos teores de substituição foi de 0,551092744 para os traços com substituição o agregado, e 0,119059191 pata os traços com substituição no aglomerante. Ficando, assim, comprovado que os traços apresentaram igualdade de comportamento, indicando que os teores das substituições não causaram real impacto na resistência à tração na flexão das argamassas mistas, com uma significância de 95%. Sendo assim, quanto à substituição no agregado, seria possível recomendar a substituição no maior teor analisado, embora considerando o desvio padrão, a recomendação mais segura seja para o teor de 10%. O mesmo pode ser dito para as substituições no aglomerante, onde apesar de todos os traços terem apresentado igualdades de média, o traço com maior teor de substituição obteve o maior valor de resistência, e também o maior desvio padrão.

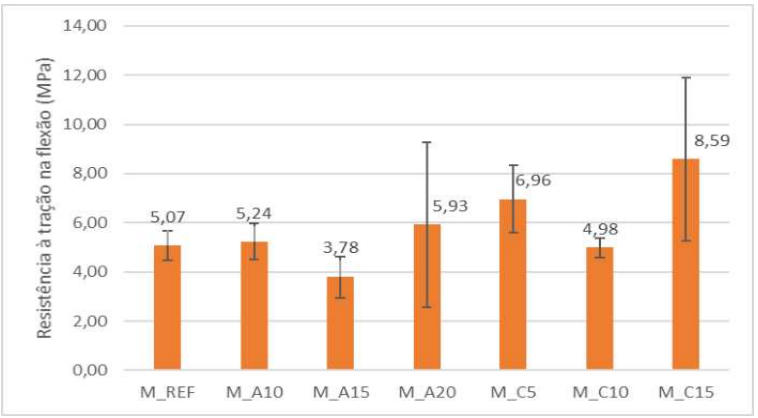

Figura 2: Resultados de resistência à tração na flexão

Fonte: Autora

3.2 Desempenho físico

Os resultados das argamassas mistas quanto à absorção por capilaridade (Figura 3) foram bastante promissores, tendo em vista que apenas um dos traços (M_A20) obteve um valor de absorção superior ao traço M_REF. Chama atenção o fato do traço M_A20 ter absorvido o dobro de água por unidade de área em relação aos demais traços com substituição no agregado, mas deve-se destacar o elevado desvio padrão

que estes traços apresentaram.

Ao testar a absorção por imersão, tendo sido mostrados os resultados através da Figura 3, todos os traços com substituições no agregado absorveram uma porcentagem de água maior que o traço referência, além de que, observa-se aumento dessa porcentagem conforme o aumento do teor de substituição, da mesma forma que o índice de vazios aumenta no mesmo padrão.

Os resultados da análise estatística indicaram que nem a elevação na absorção do traço M_A20, nem a redução nos demais traços, foram estatisticamente relevantes, afirmando que todos se comportaram iguais ao traço referência, ao passo que, quanto à absorção por capilaridade as argamassas mistas não foram afetadas pela substituição do agregado pelo RCV. O fato das argamassas com RCV como agregado se equipararem ao traço referência, mesmo com a elevada absorção apresentada pelo resíduo, pode estar relacionado com a mudança na estruturação interna das argamassas com uso de RCV como agregado miúdo, uma vez que o resíduo pode colaborar fechando os poros internos da mistura. Já quanto às substituições no aglomerante, o traço M_C5 absorve menos água entre todos os grupos, e teve seu desempenho mais apropriado, comprovado pela análise estatística, que identificou a diferença de médias em comparação com o traço referência.

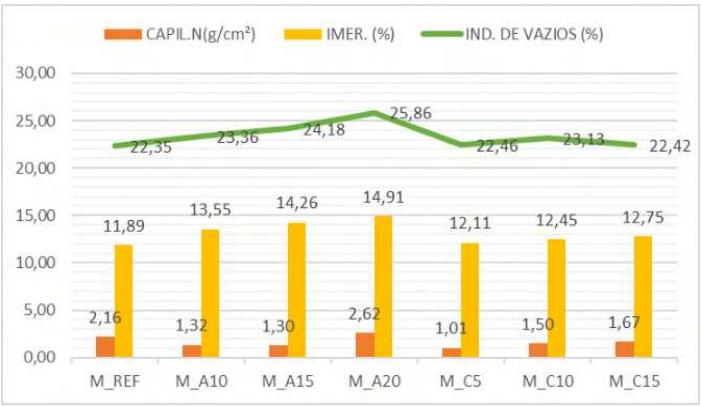

Figura 3: Parâmetros físicos das argamassas mistas

Fonte: Autora

Os resultados da análise estatística, pelo Teste de Tukey, identificaram ocorrência de diferença entre todas as médias das substituições no agregado, tanto em comparação com o traço referência, quanto entre as substituições, indicando não apenas que o RCV interfere na absorção por imersão, mas também a queda de desempenho aumenta conforme aumenta o teor de substituição. Estes resultados reafirmam a hipótese de Cabrera et al.[4] de que o RVC como agregado miúdo, em argamassas mistas, implica em argamassas mais porosas, com influência do teor de substituição.

Já para as substituições no aglomerante, embora os valores também tenham sido superiores ao traço M_REF, a análise estatística indicou que apenas o traço M_C10

de fato apresentou maior absorção em comparação ao traço referência, enquanto os teores de 5% e 15% de substituições se enquadraram na hipótese de igualdade entre as médias, o que indica que a interferência do RCV nas argamassas mistas, quanto à absorção, é menor quando a substituição é feita no aglomerante.

Considerando a elevada absorção apresentada pelo resíduo de RCV na caracterização física, mesmo a estabilidade do comportamento indica uma atuação positiva do RCV nas argamassas. Sendo assim, do ponto de visto do desempenho físico, é necessário descartar a recomendação do traço M_A20, pois representou comportamento fora dos padrões mínimos em todos os parâmetros testados.

4 | CONCLUSÕES

Considerando todos os aspectos abordados, a substituição do cimento pelo RCV das argamassas mistas se mostrou a mais eficiente, pois as interferências mecânicas causadas não inviabilizam sua utilização frente aos esforços das argamassas, e atendem as classificações da norma NBR 13281[9]. E além disso, esta tipologia causou ainda uma melhora de desempenho físico, com diminuição da absorção de água e comportamento muito similar ao traço M_REF. Cabe destacar que qualquer melhoria no desempenho físico é de extrema importância para as argamassas, especialmente das argamassas de revestimento, que são frequentemente danificadas pelas ações da água. Os dados apresentados apontam que a utilização do RCV é uma realidade do ponto de vista dos parâmetros básicos de argamassa, o que abre um vasto leque de possibilidades dentro da construção civil.

REFERÊNCIAS

1. HANSEN, D. M.; BREHM, F. A.; KULAKOWSLI, M. P. Avaliação da geração de resíduo de cerâmica vermelha. *In:* Anais do 7° FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, Porto Alegre, jun. 2016.

2. ARAÚJO, A. R. **Influência da utilização de resíduo de cerâmica vermelha nas propriedades de argamassas mistas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

3. SHAO, J.; GAO, J.; ZHAO, Y., CHAO, X. Study on the pozzolanic reaction of clay brick powder in blended cement pastes. **Construction and Building Material**, v. 213, p. 209-215, 2019.

4. CABRERA, F. G. C.; SOBERÓN, J. M. G.; SÁNCHEZ, J. L. A.; REA, S. P. A.; HIGUERA, R. C. Mechanical properties of mortar containig recycled ceramic as fine aggregate replacement. **Revista de la Construcción**, v. 14, n. 3, p. 22-29, dez. 2015.

5. DANG, J.; ZHAO, J.; HU, W.; DU, Z.; GAO, D. Properties of mortar with waste clay brick as fine aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 166, p. 898-907, mar. 2018.

6. CASTRO, A. L.; SANTOS, R. F. C.; GONÇALVES, K. M.; QUAIONI, V. A. Caracterização de cimento compostos com resíduo da indústria da cerâmica vermelha. **Revista Cerâmica**, v. 63, n. 365, jan./mar. 2017.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215:** Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.