ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS CONTENDO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM SUBSTITUIÇÃO AO CIMENTO E À AREIA

Tema: Sustentabilidade, vida útil e meio ambiente.
Grupo: 2

JESSICA C. LASSEN[1], CHRISTIAN A. DOS SANTOS[2], TATIANE I. HENTGES[3]

[1]Iniciação Científica – Engenharia Civil, Universidade do Contestado – câmpus Concórdia, lassen2255@hotmail.com
[2] Iniciação Científica – Engenharia Civil, Universidade do Contestado – câmpus Concórdia, chris-g-12@hotmail.com
[3] Profª Mª, Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, Universidade do Contestado – câmpus Concórdia, tatianeihentges@gmail.com

RESUMO

O aproveitamento do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) tem sido estudado tanto como agregado quanto em forma de material cimentício suplementar. Neste trabalho objetivou-se estudar o RCV nos dois formatos (pó e areia), analisando o efeito do uso combinado em argamassas. Tanto para o uso combinado quanto isolado, a alta porosidade do RCV na fração areia reduz o índice de consistência, aumenta a retenção de água e reduz a absorção capilar. Ainda, esta mesma propriedade do RCV reduz a resistência mecânica. O emprego do pó de RCV reduziu propriedades mecânicas e aumentou a absorção capilar, não tendo apresentado efeito pozolânico.

Palavras-chave: resíduo de cerâmica vermelha, sustentabilidade, retenção de água, absorção capilar, resistência.

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF MORTAR CONTAINING RED CERAMIC WASTE IN SUBSTITUTION TO CEMENT AND SAND

ABSTRACT

The the red ceramic waste (RCW) use has been studied as an aggregate and in the supplementary cementitious material form. The objective of this work was to study the RCW in the two formats (powder and sand), analyzing the effect of the combined use on mortars. For both combined and isolated use, the high porosity of the RCW in the sand fraction reduces the consistency index, increases water retention and reduces capillary absorption. Furthermore, this same property of RCW reduces mechanical resistance. The use of RCW powder reduced mechanical properties and increased capillary absorption, without having a pozzolanic effect.

Key-words: red ceramic waste, sustainability, water retentivity, capillary absorption, resistance.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduo cerâmico gerado no Brasil é estimada pelo IPEA[1] em aproximadamente 10 milhões de toneladas. Desse total, 23 mil toneladas ao mês são relativas a produtos acabados[2,3]. Por isso, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para verificar o potencial aproveitamento deste resíduo[3-10]. Após cominuído, o resíduo de cerâmica vermelha (RCV) pode ser empregado em formato de agregado miúdo e na forma de material cimentício suplementar (quando apresenta propriedades pozolânicas) ou fíler (quando inerte).

Em substituição à cal, Mendes e Borja[11] indicaram aumento no índice de consistência das argamassas. Já como agregado miúdo, verificou-se aumento na resistência a compressão e redução do módulo de elasticidade, essa redução também foi verificada no estado fresco na massa específica e no teor de ar incorporado[12, 13].

Analisando argamassas com substituição de até 20% do cimento por RCV, Toledo Filho et al.[14] verificaram que não houve interferência na resistência à compressão e no módulo de elasticidade. Além disso, foi verificado o aumento de poros capilares, indicando a reação pozolânica. Sales e Alferes Filho[15] também verificaram melhorias ao substituir 10%, 20% e 40% de cimento por RCV. Os autores colocam que, devido à reatividade mais lenta que o RCV possui, os resultados podem ser potencializados em idades maiores que 28 dias.

Resultados benéficos em menores idades foram encontrados quando o RCV finamente moído foi utilizado para execução de cimento álcali-ativado. A partir de ativação com hidróxido de sódio (NaOH) e silicato de sódio (Na_2SiO_3), foi possível alcançar uma resistência de 30 MPa em sete dias de cura[16].

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do uso combinado de pó de RCV e de areia de RCV, em substituição ao cimento e à areia natural, nas propriedades de argamassas.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

Neste trabalho, foi empregado o **cimento** CP II-F-32 pelo fato de conter apenas fíler calcário e não interferir nos resultados para o caso do pó de RCV reagir como pozolana. O **agregado miúdo natural** utilizado foi areia quartzosa de rio, cuja granulometria é apresentada na Tabela 1, com massa específica de 2.620 kg/m³, massa unitária de 1.365 kg/m³ e módulo de finura de 1,41. A **cal** hidratada utilizada no trabalho foi uma CH-III da marca Hidra.

O **resíduo de cerâmica vermelha** estudado neste trabalho foi doado por uma olaria da cidade de Pouso Redondo – SC, e possui massa específica de 2470 kg/m³. O resíduo passou por moagens de 15 minutos em equipamento de abrasão "Los Angeles" até que se

alcançasse a granulometria correspondente ao agregado miúdo, para a substituição da areia natural, e até que se obtivesse material passante na peneira de número 200 (75 µm), para substituição do cimento. A absorção de água total do resíduo é de 19,27%. Devido à grande dificuldade de obtenção das frações 0,3 mm e 0,6 mm, foi realizado ajuste na curva granulométrica da areia de RCV, tendo sido empregada a curva apresentada na Tabela 1, cujo módulo de finura é de 2,0.

Tabela 1 – Caracterização granulométrica do agregado miúdo utilizado

Abertura da peneira	Massa retida acumulada (%)	
	Areia natural	Areia RCV
4,8 mm	0,2	0,0
2,4 mm	0,6	1,2
1,2 mm	1,7	4,7
0,6 mm	5,3	39,7
0,3 mm	46,9	72,7
0,15 mm	86,7	86,5
< 0,15 mm	100,0	100,0

Fonte: os autores

Foi, ainda, empregado **aditivo plastificante** Alvenarit da Viapol após os ensaios no estado fresco com o objetivo de evitar problemas de moldagem nas argamassas que obtiveram um aspecto visualmente mais seco.

2.2. Métodos

Neste trabalho foram moldados 9 traços de argamassa substituindo-se 0%, 10% e 20% do cimento por pó de RCV e 0%, 25% e 50% de areia natural por areia de RCV. Ainda, foi estudado o uso combinado destas substituições. Todos as moldagem obedeceram ao traço 1:0,5:5 de cimento : cal : areia. Durante a moldagem da argamassa com substituição 20%-50% de cimento-areia, entretanto, houve equívoco na proporção dos materiais e, portanto, esta não será considerada na análise de resultados. A substituição de cimento obedeceu a Equação 1 e a substituição da areia a Equação 2.

$$M_{RCV} = \frac{M_{CIM} \times \gamma_{RCV}}{\gamma_{CIM}} \quad (1)$$

$$M_{RCV} = \frac{M_{areia} \times \gamma_{RCV}}{\gamma_{areia}} \quad (2)$$

Onde: M_{RCV} = massa de resíduo de cerâmica vermelha; M_{CIM} = massa de cimento; γ_{RCV} = massa específica do RCV; γ_{CIM} = massa específica do cimento; M_{areia} = massa de areia natural; γ_{areia} = massa específica da areia natural.

O consumo de materiais de cada traço é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de materiais em kg/m³

Substituição cimento-areia (%)	Cimento	Pó de RCV	Cal	Areia	Areia de RCV	Água
0-0	315,45	0,00	158	1577	0	229
10-0	283,91	25,13	158	1577	0	229
20-0	252,36	56,67	158	1577	0	229
0-25	315,45	0,00	158	1183	420	229
0-50	315,45	0,00	158	789	840	229
10-25	283,91	28,34	158	1183	420	229
10-50	283,91	28,34	158	789	840	229
20-25	252,36	56,67	158	1183	420	229
20-50	252,36	56,67	158	789	840	229

Fonte: os autores

A **mistura** das argamassas seguiu a NBR 16541[17]. A determinação do **índice de consistência** e da **retenção de água** das amostras seguiu as NBRs 13276[18] e 13277[19]. No estado endurecido, os testes de **resistência a tração na flexão** e **resistência a compressão** seguiram a NBR 13279[20], e a determinação do **coeficiente de capilaridade** seguiu a NBR 15259[21], sendo que neste foram empregados corpos de prova cilíndricos de 50x100 mm.

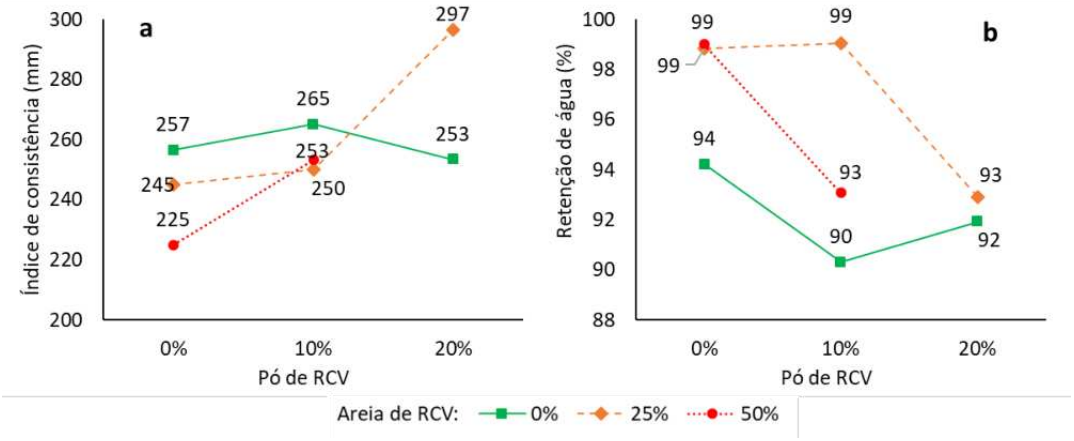
3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As alterações no estado fresco das argamassas moldadas podem ser vistas na Figura 1. Percebe-se uma tendência de redução no índice de consistência relacionada à substituição da areia natural por RCV. Tal situação possivelmente é ocasionada pelo alto teor de absorção de água do resíduo, o que retira parte da água da mistura, efeito que foi observado também em Zampiron, Souza e Oliveira [12]. Esse mesmo efeito pode ser responsável pelo aumento na retenção de água, verificada na Figura 1 (b).

O pó de RCV, por outro lado, parece ter aumentado a fluidez das argamassas, assim como ocorreu em Mendes e Borja[11]. Neste trabalho, os valores foram elevados em 9,83% quando substituído 20% do cimento. A retenção de água foi reduzida pelo pó, em média, 4,22% com 20% de RCV, efeito contrário ao visto em Alcântara e Nóbrega[12]. Entretanto, estes autores realizaram substituição do agregado miúdo natural por pó de RCV, procedimento diferente do que foi adotado nesta pesquisa.

ISSN 1984-8757

Figura 1 – Índice de consistência (a) e retenção de água (b) das argamassas estudadas

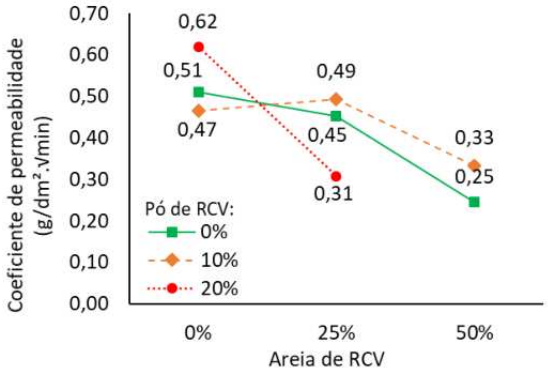


Fonte: os autores

Como pode ser visto na Figura 2, verificou-se efeito benéfico da areia de RCV na absorção capilar das argamassas, gerando uma redução de 40,1% no coeficiente quando em 50% de substituição. É possível que a alta porosidade do RCV empregado tenha absorvido água da mistura e reduzido a porosidade total das amostras, acarretando em tais resultados. Esse efeito vai de encontro à redução do índice de consistência verificado para as mesmas amostras.

De forma contrária, o pó de RCV apresentou uma tendência ao aumento da absorção capilar, elevando 12,2% os resultados quando substituído 10% do cimento. Já o teor de 20% de substituição de cimento por pó de RCV exibiu um comportamento atípico quando combinado com 25% de substituição da areia, fazendo com que ocorra uma redução média de 5,25% no coeficiente de permeabilidade.

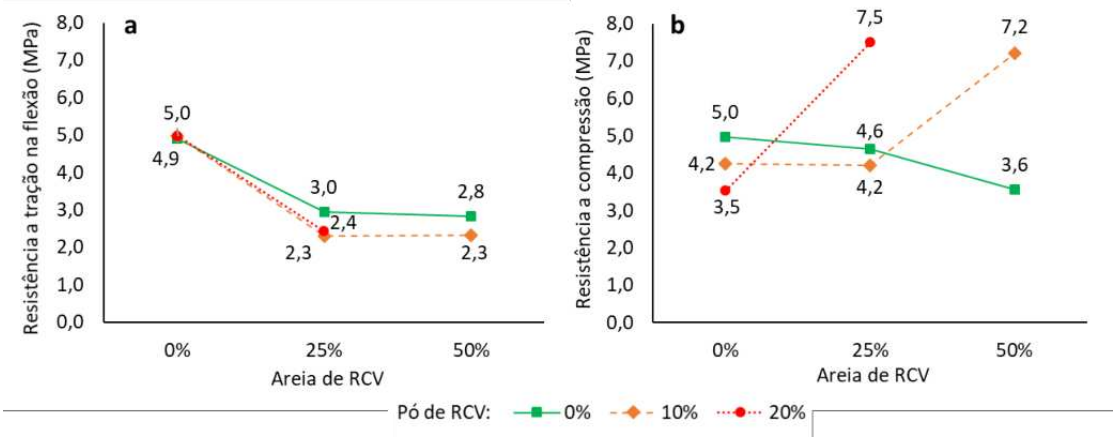
Figura 2 – Coeficiente de permeabilidade das argamassas estudadas



Fonte: os autores

Quando avaliadas as propriedades mecânicas das argamassas estudadas, apresentadas na Figura 3, verificou-se que o pó de RCV influenciou para a redução da resistência a tração na flexão e aumento no ensaio de resistência a compressão. A areia de apresentou redução média de quase 50% na resistência a tração na flexão das argamassas. Em contraponto, os resultados do ensaio de resistência a compressão não apresentaram uma tendência de comportamento, destacando-se o potencial de melhoria dessa característica quando combinadas as substituições de 20%-25% e 10%-50% de cimento-areia. Os resultados encontrados na literatura estudada, em geral, também não apresentaram tendência nos resultados, pois alguns estudos encontraram efeitos benéficos do pó e da areia de RCV quando estudados isoladamente[12-13] e outros encontraram redução nas resistências, ainda não significativas[14-15].

Figura 3 – Resistência a tração na flexão (a) e resistência a compressão (b) das argamassas estudadas



Fonte: os autores

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram executadas argamassas compostas com pó de resíduo de cerâmica vermelha em substituição ao cimento e também substituindo-se a areia natural por areia de RCV. Ainda, foi estudado o uso combinado do material sob as duas formas. Verificou-se que o pó de RCV não apresentou efeito pozolânico, agindo como fíler na mistura de forma a aumentar a consistência e reduzir a retenção de água, no estado endurecido, o pó de RCV influenciou de forma a aumentar a capilaridade e reduzir as resistências a tração na flexão e a compressão. A areia de RCV, por outro lado, reduziu o índice de consistência, a absorção capilar e a resistência a tração na flexão e elevou a retenção de água e a resistência a compressão. Tais efeitos possivelmente foram ocasionados pela alta absorção de água do RCV empregado. No uso combinado do material, destacaram-se positivamente os traços 20%-25% e 10%-50% de substituição de cimento-areia.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo de Apoio a Pesquisa da Universidade do Contestado (FAP/UnC) pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**: Relatório de Pesquisa. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). 2008. **Dados do Setor**. Disponível em: <anicer.com.br/setor>. Acesso em: 15 dez. 2017.

3. GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F. Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV): Uma Alternativa como Material Pozolânico. **Cerâmica Industrial**, n. 19, v. 4, p. 31-38, jul/ago. 2014.

4. 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, aug. 2014.

5. CABRAL, A. E. B.; SCHALCH V.; DAL MOLIN, D. C. C.; RIBEIRO, J. L. D.; RAVINDRARAJAH, R. S. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.55, p. 448-460, 2009.

6. FASTOFSKI, D. F.; SCHÄFER, M.; TELES, R. D.; KULAKOWSKI, M. P.; GONZÁLEZ, M. A. S.; KAZMMIERCZAK, C. S. Metodologia de caracterização de resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material pozolânico em pasta de cimento. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 5., 2014, São Leopoldo. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Venturi, 2014.

7. GUILLANTE, P.; KULAKOWSKI, M. P.; MANCIO, M. Use of fired-clay brick waste as supplementary cementitious material and alkali-activated cement: influence on alkali-aggregate reaction. In: International Conference on Durability of Building Materials and Components, XIV., 2017, Ghent. **Proceedings...**Paris: RILEM Publications S.A.R.L, 2017.

8. GUILLANTE, P.; VALENNTINI, P.; KULAKOWSKI, M. P.; ABREU, A. G. Efeito sinérgico da cinza de casca de arroz e do resíduo de cerâmica vermelha na mitigação da RAA. In: Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos Na Construção, 5., 2017, Fortaleza. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017.

9. HANSEN, D. M.; BREHM, F. A.; KULAKOWSKI, M. P. Avaliação da geração e quantificação do resíduo de cerâmica vermelha. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 7., 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Venturi, 2016.

10. MEDEIROS, M. H. F.; SOUZA, D. J.; HOPPE FILHO, J.; ADORNO, C. S.; QUARCIONI, V. A.; PEREIRA, E. Resíduo de cerâmica vermelha e fíler calcário em compósito de cimento Portland: efeito no ataque por sulfatos e na reação álcali-sílica. Revista Matéria, v. 21, n. 2, p. 282-300, 2016.

11. MENDES, B. S.; BORJA, E. V. Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas. **HOLOS**, vol. 3, p. 43-51, 2007.

12. ZAMPIRON, L. C.; SOUZA, R. A.; OLIVEIRA, A. L. Utilização de areia de reciclagem proveniente de cerâmica vermelha para a confecção de argamassa de assentamento para alvenaria estrutural. **Caderno de Publicações Acadêmicas**, v. 2, n. 1 (2010).

13. ALCANTARA, P. S. X.; NÓBREGA, A. C. V. Desenvolvimento de argamassas para revestimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha de Caruaru/PE como material pozolânico e/ou agregado alternativo. In: II Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFPE. **Anais...** Caruaru: IFPE, 2011.

14. TOLEDO FILHO, R. D.; GONÇALVES, J. P.; AMERICANO, B. B.; FAIRBAIRN, E. M. R. Potential for use of crushed waste calcined-clay brick as a supplementary cementitious material in Brazil. **Cement and Concrete Research**, v. 37, n. 9, p. 1357-1365, set. 2007.

15. SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. S. Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. **Revista ambiente construído**, v.14, n.1 p.113-125, Porto Alegre, 2014.

16. REIG, L.; TASHIMA, M. M.; BORRACERO, M. V.; MONZÓ, J.; CHEESEMAN, C. R.; PAYÁ, J. Properties and microstructure of alkali-activated red clay brick waste. **Construction and Building Materials**, v. 43, p. 98-106, jun. 2013.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16541**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

18. _____**. NBR 13276**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

19. _____**. NBR 13277**. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

20. _____**. NBR 13279**. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

21. _____**. NBR 15259**. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.