XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8662

Adição de resíduo da cerâmica vermelha para produção de argamassas de revestimento: uma alternativa como material cimentício suplementar

Addition of red ceramic waste for the production of rendering mortars: an alternative as a supplementary cementitious material

Nathana Vitoria de Sousa da Silva
Centro Universitário de Patos | Patos | Brasil | nathanasilva@ec.fiponline.edu.br
Adriano da Silva Félix
Universidade Federal de Campina Grande | Campina Grande | Brasil | adriano.s.felix@hotmail.com
José Augusto Gomes Neto
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | jaugustogn@hotmail.com
Brunna Lima de Almeida Victor Medeiros
Instituto Federal de Brasília | Brasília | Brasil | brunna.almeida@ifpb.edu.br
Ezio Luiz Martins Simões
Universidade Federal de Roraima | Boa Vista | Brasil | ezio.martins@ufrr.br
Aline Figueirêdo da Nóbrega
Universidade Federal de Campina Grande | Campina Grande | Brasil | alinefnobrega@hotmail.com

Resumo

A indústria da cerâmica vermelha desempenha um papel fundamental na cadeia da construção civil, sendo responsável pela produção de materiais como tijolos, blocos, telhas e elementos estruturais. Entretanto, esse setor também é um importante gerador de resíduos sólidos em todas as etapas do processo produtivo. Na maioria das indústrias, esse material é composto predominantemente por peças queimadas, constituídas por silicatos e aluminossilicatos cristalinos e amorfos, ricos em dióxido de silício (SiO_2) e óxido de alumínio (Al_2O_3). Dependendo da temperatura de queima e da composição mineralógica da argila, parte desses compostos apresenta potencial de reatividade pozolânica quando o resíduo é moído até elevada finura. Nesse contexto, o presente estudo teve como proposta realizar a moagem manual do resíduo cerâmico para utilização em argamassa de revestimento como material pozolânico. Para isso, foi produzida uma argamassa de referência e realizadas adições de 10%, 20% e 30% de resíduo cerâmico, sendo efetuadas as caracterizações física, química e mineralógica do resíduo, bem como a caracterização física das argamassas. A argamassa com 30% de adição foi a que apresentou os melhores resultados nos ensaios de absorção de água, perda de massa, resistência à compressão simples e resistência à tração na flexão, com valores de 10,22%, 1,34%, 13,63 MPa aos 7 dias e 17,30 MPa aos 28 dias para a resistência à compressão simples, e 1,35 MPa aos 7 dias e 1,72 MPa aos 28 dias para a resistência à tração na flexão, respectivamente. O resíduo da cerâmica vermelha mostrou-se uma excelente alternativa como ligante alternativo ao cimento Portland.

Como citar:
SILVA, N.V.S, FÉLIX, A.S., GOMES NETO,J.A., ALMEIDA, B.L., MEDEIROS,V., SIMÕES,E.L.M, NÓBREGA, A.F. Adição de resíduo da cerâmica vermelha para produção de argamassas de revestimento: uma alternativa como material cimentício suplementar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

Palavras-chave: Cerâmica vermelha; Cimento Portland; Impacto ambiental; Durabilidade de argamassas.

Abstract

The red ceramic industry plays a fundamental role in the construction sector, being responsible for the production of materials such as bricks, blocks, roof tiles, and structural elements. However, this sector is also a major generator of solid waste throughout all stages of the manufacturing process. In most ceramic industries, this waste consists predominantly of fired products composed of crystalline and amorphous silicates and aluminosilicates, which are rich in silicon dioxide (SiO_2) and aluminum oxide (Al_2O_3). Depending on the firing temperature and the mineralogical composition of the clay, part of these compounds exhibits pozzolanic reactivity when the ceramic waste is ground to a high fineness. In this context, the present study aimed to investigate the use of manually ground red ceramic waste as a pozzolanic material in rendering mortars. For this purpose, a reference mortar was produced, and 10%, 20%, and 30% ceramic waste were incorporated as partial additions. The ceramic waste was characterized through physical, chemical, and mineralogical analyses, while the mortars were evaluated through physical characterization tests. The mortar containing 30% ceramic waste exhibited the best overall performance, presenting water absorption of 10.22%, mass loss of 1.34%, compressive strength of 13.63 MPa at 7 days and 17.30 MPa at 28 days, and flexural tensile strength of 1.35 MPa at 7 days and 1.72 MPa at 28 days. These results demonstrate that red ceramic waste is a promising alternative supplementary cementitious material, contributing to the partial replacement of Portland cement and promoting the sustainable reuse of ceramic industry waste.

Keywords: Red ceramic; Portland cement; Environmental impact; Mortar durability.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um componente ímpar no que diz respeito ao alcance dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável, sendo uma das esferas que consome grandes quantidades de recursos naturais e gera uma grande quantidade de resíduos sólidos e gases poluentes, gases esses que não são gerados apenas na fase de extração das matérias-primas, mas também na fabricação, no transporte, no uso, na manutenção e no descarte [1]. Tem-se o entendimento de que a indústria da construção civil tem um elevado impacto ambiental e que qualquer estudo que tenha como objetivo a possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados em seu próprio processo de produção é considerado agregador de qualidade para o meio ambiente, pois, caso haja viabilidade, pode ser uma ferramenta importante para a conservação dos recursos naturais, atuando também como redutor de custos de produção das edificações e, ainda, podendo melhorar algumas características dos materiais comumente utilizados. Neste cenário, as indústrias buscam uma alternativa de reaproveitamento do resíduo da cerâmica vermelha, material este de blocos e tijolos cerâmicos, em associação ao cimento Portland [2]

O cimento é o aglomerante principal da construção civil, e o mais comum é o Cimento Portland, sendo de imensa validade conhecer sua origem, composição e funcionalidades. O cimento Portland é componente básico para argamassas e concretos, isso por conta de suas características, sendo que, o concreto é o segundo material mais consumido por pessoas, superado apenas pela água [3]. O seu alto consumo está associado às suas propriedades que são bastante especificas. A sua

trabalhabilidade, moldabilidade na condição ainda fresca, sua alta durabilidade e sua resistência a cargas e ao fogo no seu estado solido.

O Brasil ocupa o 8º lugar entre os maiores produtores de cimento do mundo. Em 2019, obteve uma produção de 56,6 milhões de toneladas. No ranking dos maiores consumidores de cimento, o Brasil ocupa o 7º lugar, com um consumo total de 54,8 milhões de toneladas por ano. O país passou por uma fase de redução no consumo entre os anos de 2013 e 2018, apresentando melhora em 2019 [4]. Neste sentido, a inserção de adições minerais na produção de cimentos ou de argamassas, com o objetivo de melhorar o desempenho e a durabilidade desses materiais, tem crescido muito nos últimos anos. Fatores econômicos e ambientais têm um papel importante nesse crescimento, pois a adição de minerais pode proporcionar maior conforto ambiental quando comparada aos materiais convencionais já comumente utilizados, uma vez que promove a redução do consumo de recursos, trazendo benefícios como a reciclagem de subprodutos industriais, a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera durante a produção do cimento, a conservação de matérias-primas e a economia de energia. Com isso, existe um benefício ambiental duplicado por meio da utilização das adições minerais [1]. De acordo com suas ações físico-mecânicas, as adições minerais podem ser classificadas como materiais pozolânicos. Estes são materiais silicosos ou silicoaluminosos que possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante. Porém, na presença de água, reagem com o $Ca(OH)_2$ e, em temperatura ambiente, formam compostos com propriedades aglomerantes. As pozolanas naturais de origem vulcânica ou sedimentar são utilizadas como materiais pozolânicos [5].

Com o intuito de minimizar os problemas ambientais advindos da produção do clínquer do cimento Portland, este estudo propõe a adição de resíduo da cerâmica vermelha como alternativa de material cimentício suplementar para melhorar as propriedades mecânicas e a durabilidade de argamassas de revestimento, utilizando substituições de 10%, 20% e 30% de resíduo da cerâmica vermelha.

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental desta pesquisa foi realizado utilizando máquinas e equipamentos do Laboratório de Materiais de Construção Civil do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFIP e do Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM) da UFPB.

RESÍDUO DA CERÂMICA VERMELHA

O resíduo cerâmico utilizado é oriundo de indústrias cerâmicas da região da cidade de Patos. O material é proveniente de quebras ocorridas durante o processo produtivo, o armazenamento e o transporte. O beneficiamento do resíduo cerâmico foi realizado por meio de maceração, utilizando-se um macerador manual e, posteriormente, o material foi peneirado na malha de nº 200. Para a caracterização da finura do resíduo cerâmico, foi utilizado o método de finura Blaine, conforme a ABNT NBR 16372 [6], e

a massa específica foi determinada utilizando o frasco de Chapman, de acordo com a ABNT NBR 9775 [7]. A caracterização química e mineralógica do resíduo cerâmico foi realizada por meio da fluorescência de raios X (FRX) e da difração de raios X (DRX), respectivamente, no Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM) da UFPB.

CIMENTO E AGREGADO MIÚDO

O cimento CPII-Z, que é um cimento com adição de material pozolânico, e o agregado miúdo, representado pela areia, foram os materiais utilizados nestes experimentos, sendo adquiridos no mercado da construção civil, em lojas de materiais de construção da cidade de Patos-PB. A caracterização granulométrica do cimento CPII-Z foi realizada por meio da ABNT NBR 11579 [8], e a finura Blaine foi determinada conforme a ABNT NBR 16372 [6]. O agregado miúdo foi caracterizado granulometricamente por meio da ABNT NBR NM 248. A massa específica do cimento CPII-Z [9], do agregado miúdo foi determinada utilizando o frasco de Chapman, de acordo com a ABNT NBR 9776 [7]. Para a determinação da atividade pozolânica, foram utilizadas as ABNT NBR 5752, ABNT NBR 5751 e ABNT NBR 15895 [10, 11, 12].

COMPOSIÇÕES DAS ARGAMASSAS

Para este estudo, foi utilizada uma argamassa de assentamento e revestimento, adaptada de [2]. O traço de referência é uma argamassa 1:6 (cimento e agregado miúdo), com adição de um aditivo superplastificante nas quantidades que as argamassas ficassem com espalhamento entre 240 a 280 mm. A partir desse traço, resolveu-se fazer a adição do resíduo cerâmico nas proporções de 10%, 20% e 30%. Os valores totais dos materiais são descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Composições dos traços das argamassas

Traço	Cimento (g)	Resíduo cerâmico (g)	Areia (g)	A/C	Aditivo (ml)
Referência	400	---	4.200	0.50	35
RC 10%	1.400	140	4.200	0.60	35
RC 20%	1.400	280	4.200	0.60	40
RC 30%	1.400	420	4.200	0.60	40

Fonte: o autor,2026.

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO E PERDA DE MASSA

Ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 9778/2005, onde foi possível determinar o índice de absorção de água. Esse procedimento é a ação em que a água tende a ser conduzida para poros permeáveis de determinado corpo poroso fazendo assim com que eles fiquem preenchidos. Os corpos de prova passaram 24 horas submerso e assim obtido sua massa úmida. Para a absorção utilizaremos a equação 1 e equação 2.

$$W = \frac{Pw - Ps}{Ps}\ x\ 100 \qquad (1)$$

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8662

Em que: W = absorção de água (%)

Pw = massa úmida (g)

Ps = massa seca (g)

$$M = \frac{P1 - P2}{P2}\ x\ 100 \qquad (2)$$

Em que: M = perda de massa (%)

P1 = massa seca antes do ensaio (g)

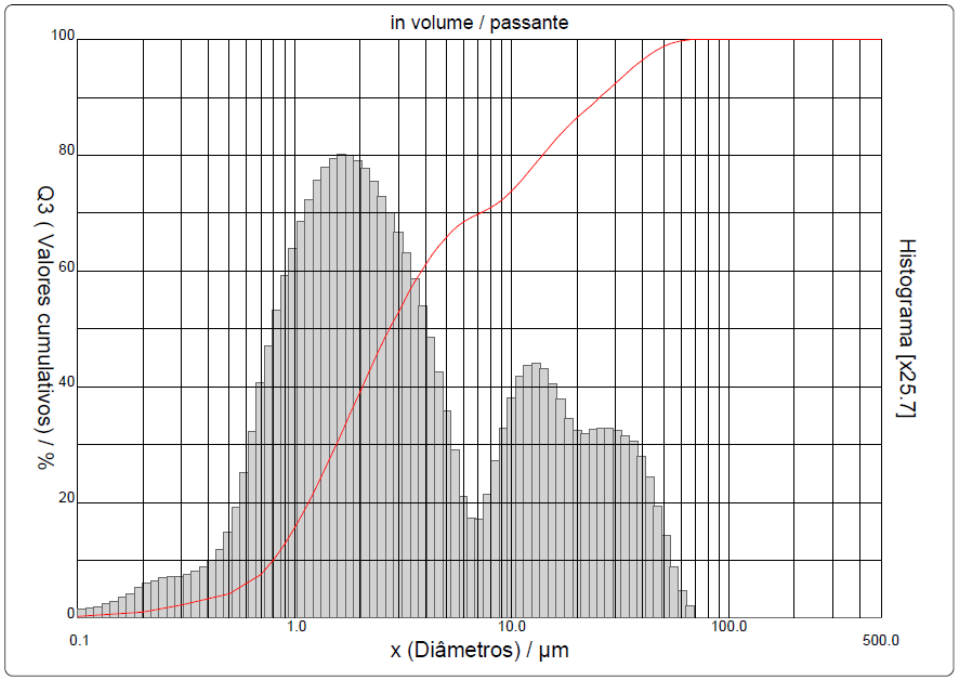
P2 = massa seca depois do ensaio (g)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

GRANULOMETRIA A LASER, MASSA ESPECÍFICA E FINURA BLAINE DO RESÍDUO DA CERÂMICA VERMELHA

Na Figura 1, é possível observar a distribuição granulométrica do resíduo da cerâmica vermelha utilizado na pesquisa.

Figura 1: Granulometria a laser do resíduo da cerâmica vermelha.



O resíduo da cerâmica vermelha utilizado na pesquisa, após o processo de trituração, apresentou um diâmetro médio de partículas de 9,83 µm. A distribuição granulométrica indica que 10% dos sólidos são inferiores a 1,05 µm, 50% são menores que 5,21 µm e 90% apresentam tamanho inferior a 22,43 µm. Esse comportamento se deve ao fato de o processo de trituração do resíduo ter sido realizado de forma manual. Porém, mesmo assim, foi possível obter um diâmetro médio inferior ao do cimento Portland [2].

Na Tabela 2, é possível observar a finura Blaine do resíduo, que é de 9.431 cm²/g, valor superior ao da finura do cimento Portland. De acordo com estudo realizado por [2], esse valor de finura pode ser obtido por meio da moagem mecânica após 160 minutos.

De acordo com as informações do estudo [2], foi possível comprovar que a moagem manual é eficiente no que tange à finura do material, mas, em compensação, é bastante demorada e desgastante. Vale ressaltar que o processo de moagem manual só foi realizado devido à falta de um moinho de bolas no laboratório onde foi realizada a pesquisa.

Tabela 2: Finura Blaine e massa específica do resíduo da cerâmica vermelha.

Ensaio	Resíduo Cerâmico
Finura Blaine [cm²/g]	9.431
Massa Específica [g/cm³]	2,51

Para que as pozolanas apresentem boa reatividade, é necessário que a finura atinja valores iguais ou superiores a 7.500 cm²/g, o que é mais uma evidência de que o processo de moagem manual foi eficiente em relação à moagem mecânica [13]. Outro resultado que demonstra a eficiência da moagem manual é a massa específica do resíduo da cerâmica vermelha, que foi de 2,51 g/cm³, valor superior ao do cimento Portland, cuja massa específica geralmente varia entre 1,40 e 1,75 g/cm³.

ÓXIDOS E MINERALOGIA DO RESÍDUO DA CERÂMICA VERMELHA

A composição química do resíduo cerâmico pode ser vista na tabela 3.

Tabela 3: Óxidos encontrados no resíduo da cerâmica vermelha.

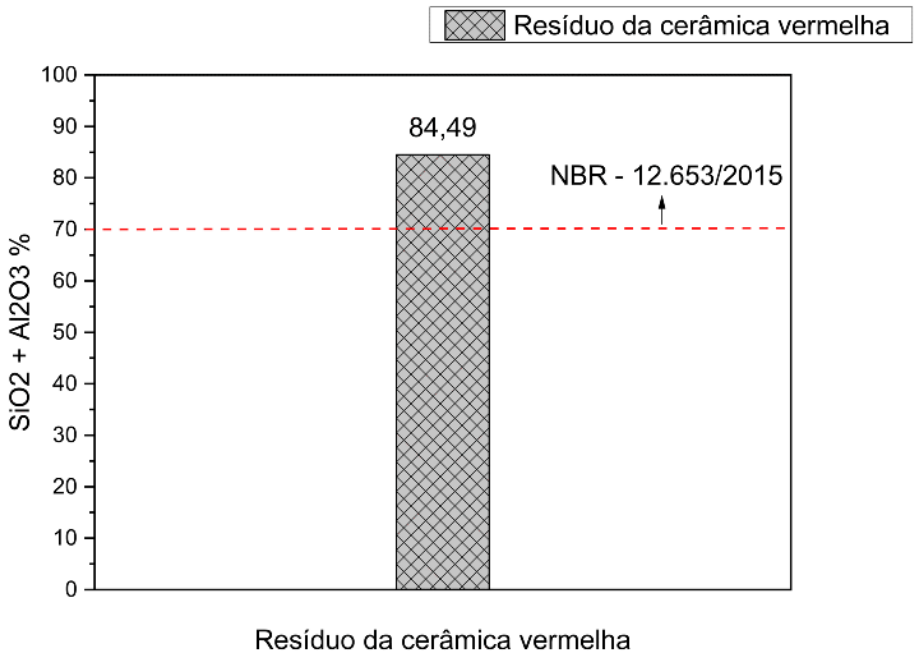
Amostra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	CaO	Na_2O	MgO	Outros
Cerâmica vermelha (%)	63,101	21,398	6,814	2,809	1,649	0,171	1,815	2,243

De acordo com a ABNT NBR 12653:2015 – Materiais pozolânicos – Requisitos, para que um material seja considerado uma adição pozolânica para concretos, argamassas e pastas, o somatório dos óxidos SiO_2 e Al_2O_3 deve ser igual ou superior a 70%.

O resíduo da cerâmica vermelha utilizado na pesquisa, proveniente da argila utilizada pelos produtores cerâmicos da região de Patos-PB, apresentou somatório dos óxidos SiO_2 e Al_2O_3 de 84,49%, o que classifica esse material como uma adição pozolânica, de acordo com a ABNT NBR 12653:2015 – Materiais pozolânicos – Requisitos, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 3: Somatório dos óxidos de acordo com a NBR 12653:2015.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8662

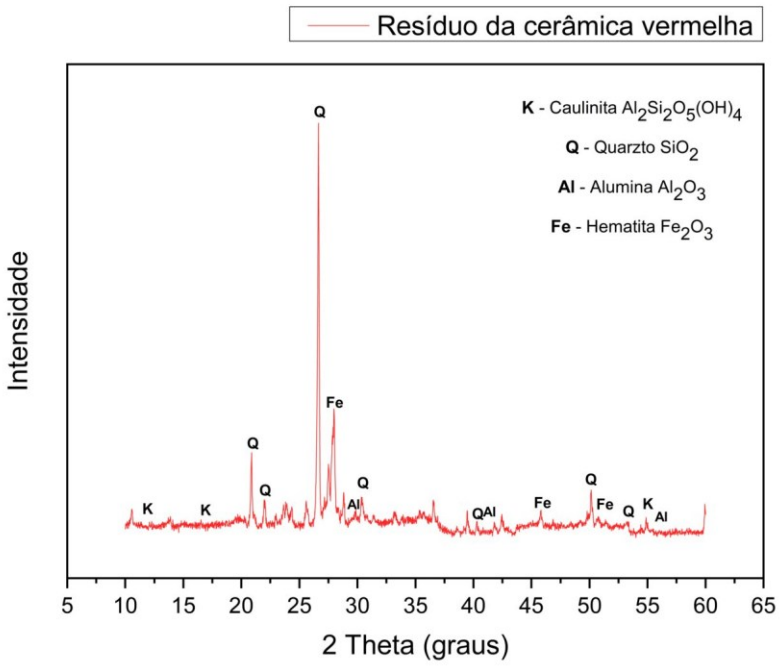


No resíduo da cerâmica vermelha, é possível observar a presença do mineral quartzo na forma cristalina. Além desse mineral, também é possível encontrar alumina e hematita. A alumina pode ser encontrada na forma cristalina no halo 29 e nos halos 41 a 42, enquanto no halo 56 o mineral pode ser encontrado na sua forma amorfa. Já a hematita é encontrada apenas na forma cristalina.

Outro mineral encontrado no difratograma é a caulinita, que, em sua grande maioria, é encontrada na forma amorfa. A caulinita na forma amorfa é observada nos halos 11 a 19, o que é característico do comportamento cristalográfico desse mineral. No halo 27, foi encontrado um pico referente ao quartzo e à caulinita. Esse pico se deve ao processo de queima em temperaturas superiores a 900 ºC, que transforma a caulinita amorfa em mulita, que é a sua forma cristalina [2]. O DRX do resíduo pode ser visto na figura 3.

Figura 3: Perfil mineralógico e cristalográfico do resíduo da cerâmica vermelha.

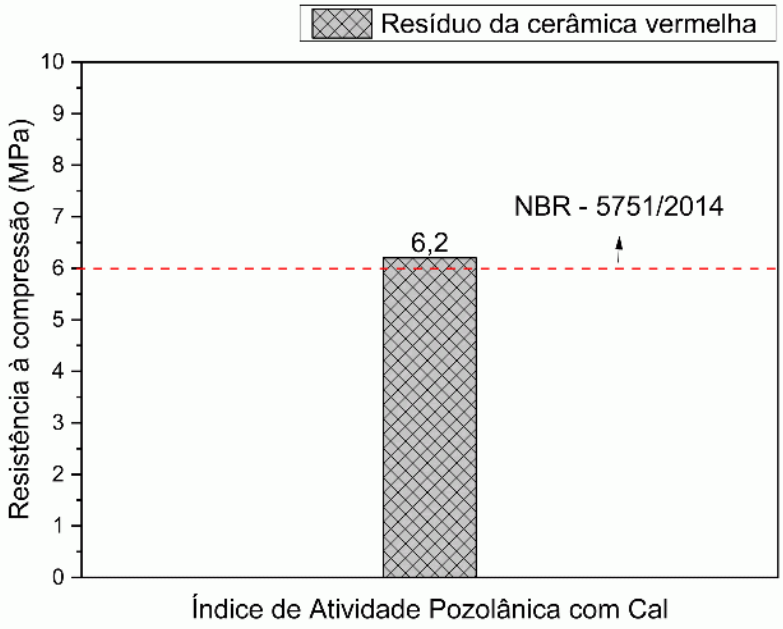
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8662



ÍNDICE DE ATIVIDADE POZOLÂNICA COM CAL E COM CIMENTO (IAP)

Os resultados do índice de atividade pozolânica com cal, aos 7 dias, apresentaram uma argamassa com resistência à compressão de 6,2 MPa. De acordo com a ABNT NBR 5751 – Materiais Pozolânicos [11], o resíduo da cerâmica vermelha, com a configuração de finura e composição química utilizada na pesquisa, é qualificado como material pozolânico (Figura 4).

Figura 4: Índice de atividade pozolânica com cal



Já o índice de atividade pozolânica com cimento, aos 28 dias, apresentou um resultado de 84,8% de atividade pozolânica, o que, de acordo com a ABNT NBR 5752:2014 [10], indica que o resíduo cerâmico apresenta ganho de resistência devido ao efeito filler gerado na argamassa. Os resultados do índice de atividade pozolânica (IAP) com cimento aos 28 dias são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do índice de atividade pozolânica.

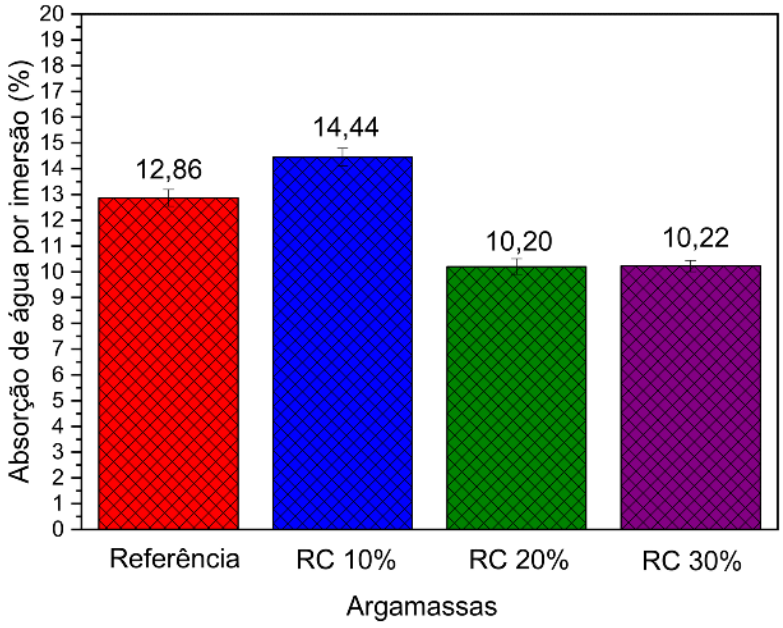
Amostra	Resistência média (MPa)	IAP (%)
Referência	33,0	--
Argamassa com resíduo	28,0	84,8

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

A argamassa de referência apresentou absorção de água de 12,86%. Já a argamassa com 10% de resíduo cerâmico apresentou absorção de 14,44%, o que representa um aumento de 12,28% na absorção de água. A argamassa com 20% de resíduo apresentou absorção de 10,20%, o que representa uma redução de 20,69% na absorção de água em relação à argamassa de referência. A argamassa com 30% de resíduo apresentou absorção de 10,22%.

O aumento da absorção se deve ao fato de que o resíduo cerâmico, em pequenas quantidades, não participa da reação pozolânica, entrando na composição da argamassa apenas como material de preenchimento [2]. Já nas composições com 20% e 30% de resíduo, pode-se perceber que houve transformações químicas que densificaram as argamassas e, com isso, reduziram a absorção de água. Os resultados podem ser vistos na Figura 5.

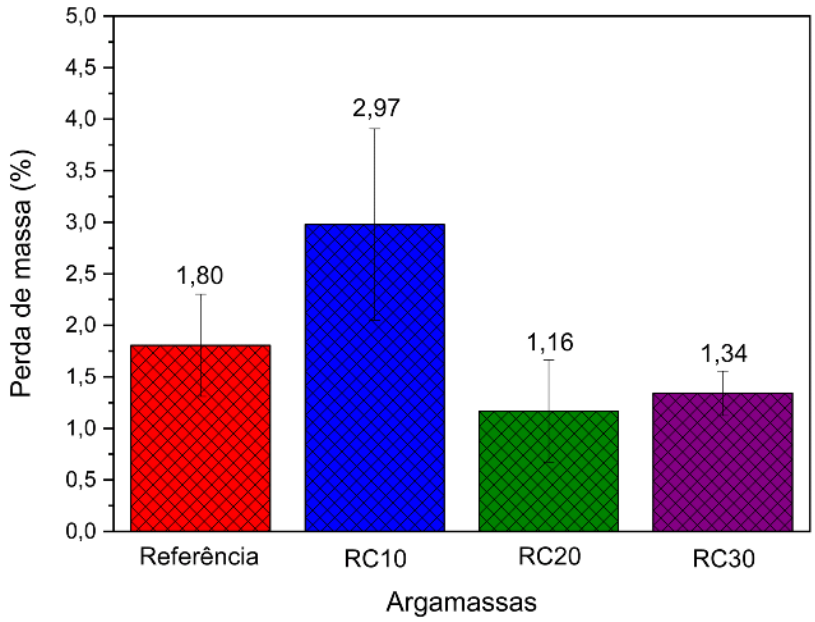
Figura 5: Absorção de água por imersão das argamassas



PERDA DE MASSA

Os resultados de perda de massa são descritos na figura 6.

Figura 6: Perda de massa das argamassas



A argamassa de referência apresentou perda de massa de 1,80%, o que já era esperado devido ao traço escolhido. Já a argamassa RC10, com 10% de resíduo cerâmico, apresentou perda de massa de 2,97%, o que indica que essa quantidade de resíduo não é suficiente para melhorar a formação de compostos mais resistentes, como é o caso do C-S-H (silicato de cálcio hidratado). Já as argamassas com 20% e 30% de resíduo apresentaram perdas de massa de 1,16% e 1,34%, respectivamente, o que pode indicar que o aumento do teor de resíduo favoreceu a formação de C-S-H [14, 15].

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES AOS 7 E 28 DIAS

Os resultados do ensaio de compressão simples são vistos nas figuras 7 e 8.

Figura 7: Resistência à compressão simples aos 7 dias das argamassas.

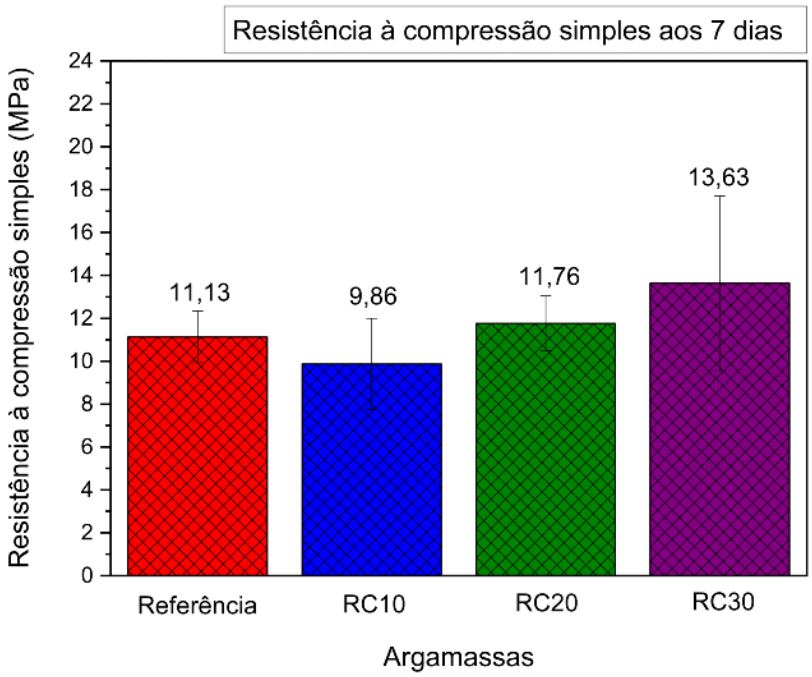
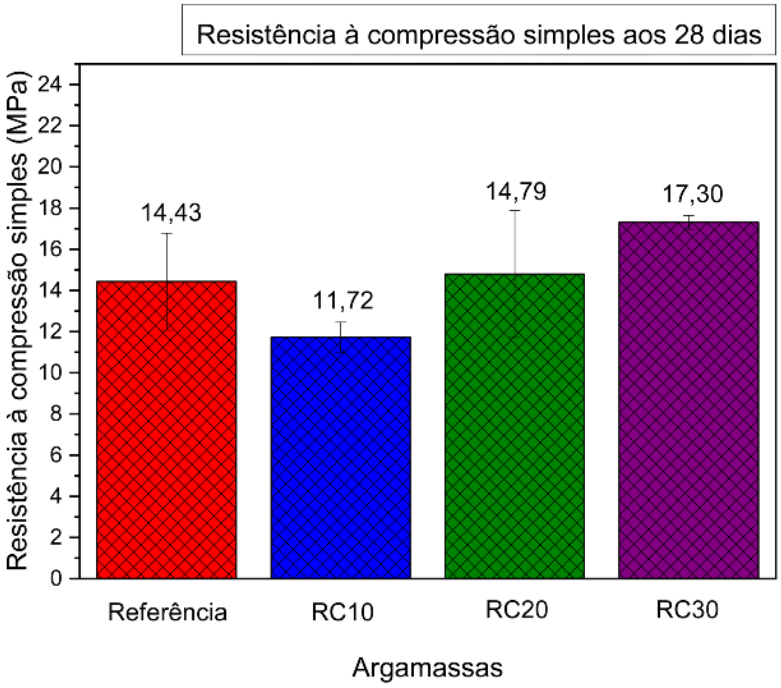


Figura 8: Resistência à compressão simples aos 28 dias das argamassas.



A argamassa de referência, aos 7 dias, apresentou resistência à compressão simples de 11,13 MPa. Já a argamassa com 10% de resíduo cerâmico apresentou redução de resistência de 11,14%, correspondendo a 9,86 MPa em relação à argamassa de referência. As argamassas com 20% e 30% de resíduo apresentaram aumento de resistência de 5,6% e 22,4%, respectivamente.

Aos 28 dias, a argamassa de referência apresentou resistência à compressão de 14,43 MPa. Já a argamassa com 10% de resíduo cerâmico apresentou 11,72 MPa, o que

representa uma queda de 18,78% em relação à argamassa de referência. As composições com 20% e 30% de resíduo apresentaram resistências de 14,79 MPa e 17,30 MPa, respectivamente, o que representa aumentos de 2,49% e 19,88%.

Os resultados indicam que o aumento da resistência mecânica em argamassas com adição de resíduo cerâmico como material pozolânico ocorre apenas com teores de substituição a partir de 20%.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 7 E 28 DIAS

A argamassa de referência, aos 7 dias, obteve resistência à tração na flexão de 1,14 MPa, o que corresponde aproximadamente a 10% do valor da resistência à compressão simples, resultado já esperado para compósitos produzidos com cimento Portland. A RC10 apresentou redução de aproximadamente 15% em relação à argamassa de referência. Já as RC20 e RC30 apresentaram aumento de resistência de 3,5% e 18,42%, respectivamente, em relação à argamassa de referência.

A argamassa de referência, aos 28 dias, obteve resistência à tração na flexão de 1,45 MPa. As demais argamassas com adição de resíduo cerâmico apresentaram resultados semelhantes aos de 7 dias, em que a RC10 apresentou queda de resistência em relação à referência, enquanto a RC20 e a RC30 apresentaram ganho de resistência em comparação com a argamassa sem adição de resíduo.

Os resultados podem ser observados nas Figuras 9 e 10.

Figura 9: Resistência à tração na flexão aos 7 dias.

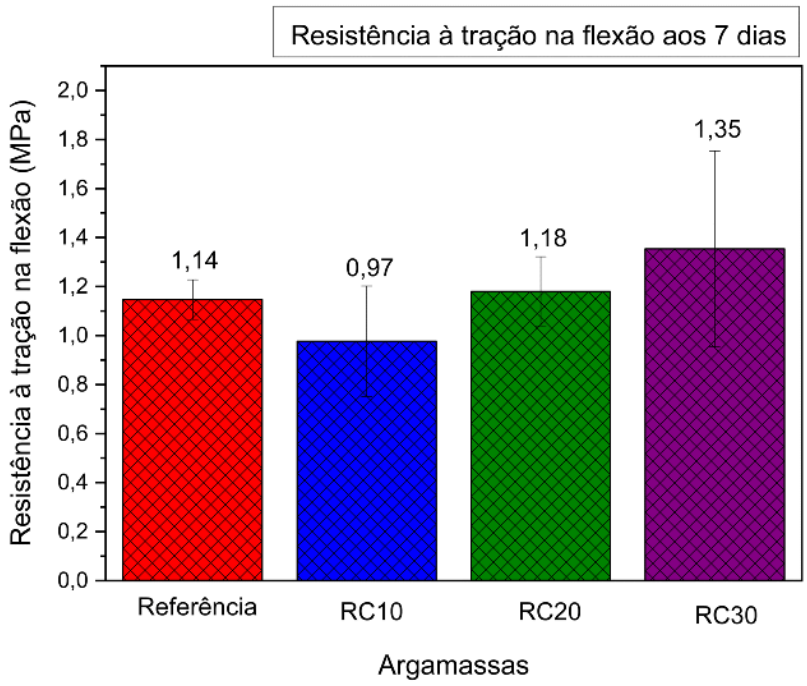
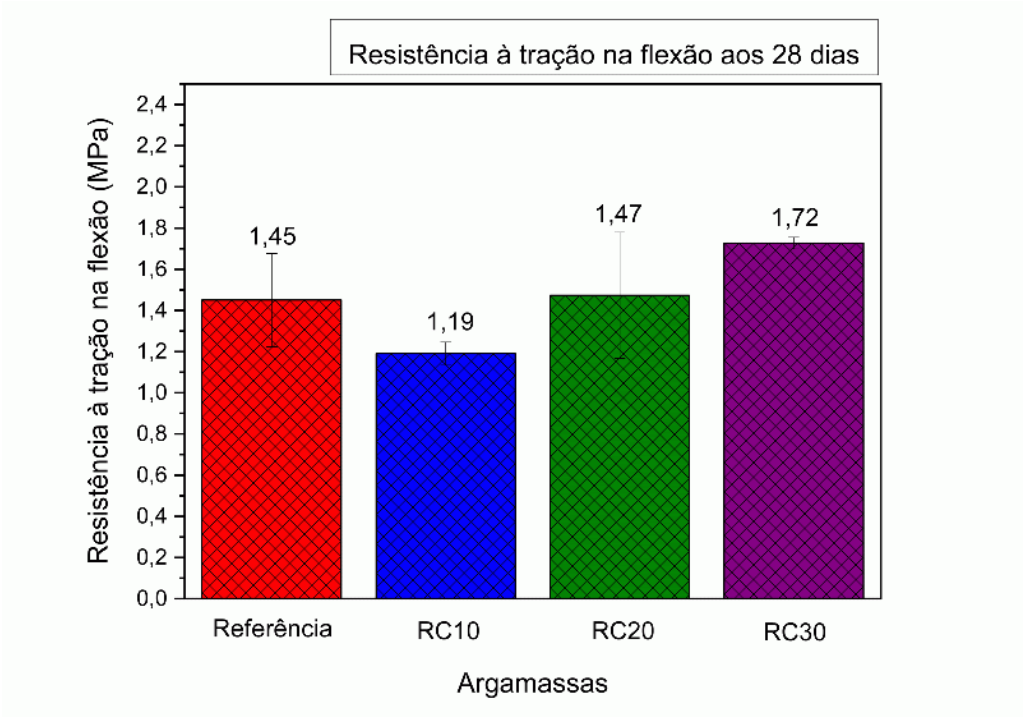


Figura 8: Resistência à tração na flexão aos 28 dias.



CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo propor uma forma de reutilização do RCV como material cimentício em substituição parcial ao cimento Portland, visando à melhoria da durabilidade. Nesse sentido, o desenvolvimento do trabalho permitiu, por meio de experimento laboratorial, comparar a argamassa de referência com compósito cimentício suplementar, isto é, à base de resíduo pozolânico.

As proporções utilizadas foram a adição de resíduo cerâmico nas quantidades de 10%, 20% e 30%. Concluiu-se que, quanto maior a porcentagem de resíduo cerâmico aplicado nessa combinação, maior a eficácia, até o limite testado. Assim sendo, a proporção de 30% mostrou-se superior às demais, incluindo o material de referência utilizado.

Constata-se ainda que a proporção de 10% apresentou, nos gráficos, melhores resultados quanto à absorção de água por imersão das argamassas e à perda de massa. Já nos ensaios de tração e compressão, pode-se notar que a resistência diminuiu.

Dessa forma, conclui-se que a adição de resíduo cerâmico como material pozolanico obtido de forma manual contribui para o aumento da resistência mecânica e durabilidade das argamassas.

REFERÊNCIAS

[1] Castro, a. L. Garcia, e. Santos, r. F. C. Quarcioni, v. A. Camargo, a. C. **Avaliação da reatividade de pozolana obtida a partir de resíduos de cerâmica vermelha**. 58º congresso brasileiro de cerâmica 2014.

[2] Carvalho, C. M. de. (2016**). *Caracterização de resíduos da indústria cerâmica e seu emprego em argamassas de cimento Portland*** (Dissertação de mestrado,

Universidade Federal da Paraíba). UFPB. https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14233

[3] Medeiros, m. H. F. Souza, d. J. Filho, j. H. 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. 21 282 – 300, 2016. https://doi.org/10.1590/S1517-707620160002.0028

[4] Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), 2020. **Relatório anual 2020**. SNIC, São Paulo, Brazil. https://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf.

[5] Mehta, p.k.; monteiro, p.j.m. **Concreto: microestrutura propriedades e materiais**. 3ª ed. São paulo: pini, 2008.

[6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). **NBR 16372: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)**. ABNT.

[7] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011). **NBR 9775: Agregado miúdo — Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman — Método de ensaio**. ABNT.

[8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). **NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)**. ABNT.

[9] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). **NBR NM 248: Agregados — Determinação da composição granulométrica por peneiramento**. ABNT.

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). **NBR 5752: Materiais pozolânicos — Determinação da atividade pozolânica com cimento Portland — Índice de atividade pozolânica com cimento**. ABNT.

[11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). **NBR 5751: Materiais pozolânicos — Determinação da atividade pozolânica — Índice de atividade pozolânica com cal**. ABNT.

[12] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2010). **NBR 15895: Materiais pozolânicos — Determinação do teor de hidróxido de cálcio fixado — Método Chapelle modificado**. ABNT

[13] Zampieri, V. A. (1993). **Cimento Portland aditivado com pozolanas de argilas calcinadas: fabricação, hidratação e desempenho mecânico** (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências). https://doi.org/10.11606/T.44.1993.tde-25062015-102757

[14] Araújo, R. A.; Menezes, A. L. R. de; Cabral, K. C.; Nóbrega, A. K. C.; Martinelli, A. E.; Dantas, K. G. M. **Evaluation of the pozzolanic activity of red ceramic waste using mechanical and physicochemical methods**. *Cerâmica*, v. 65, n. 375, p. 461–469, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/0366-69132019653752649

[15] Hoppe Filho, J.; Pires, C. A. O.; Leite, O. D.; Garcez, M. R.; Medeiros, M. H. F. **Characterization of red ceramic waste for application as mineral addition in Portland cement**. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 33, n. 6, 2021. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003719