

Resíduos da Construção Civil: Uma Aplicação em Geopolímeros

(Civil Construction Waste: An Application in Geopolymers)

Álvares, L.A.(1); Cardoso, D.N.P.(1); de Lima, C.R.(2); Dos Anjos, C.S.O.(1); Barral, J.W.(1); Maia, R.F.S.(1); SOUZA, J.S.(1); Felipe, A.P.F.(1); Torres; P.M.(3); Barbosa, E. F.(1)

Faculdade de Engenharia Química (FEQ), Universidade Federal do Pará
(UFPA)

Rua Augusto Corrêa, 01 Guamá66075-970 - Belém, PA - Brasil
Faculdade de Química (FAQUIM), Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(UNIFESSPA)

Folha 17, Quadra 04, Lote Especial Nova Marabá 68505080 - Marabá, PA – Brasil
Centro Universitário Metropolitana de Marabá (UNICEUMAR)

Rodovia BR 230, Transamazônica - Km 05, S/,68507-765 - Nova Marabá, PA

Resumo

Elaborou-se um geopolímero a partir de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), classificado em Resíduos de Cerâmica Vermelha (RCV) e Resíduos Cimentícios (RC). Avaliou-se o aumento de resistência à compressão através da variação da porcentagem de água no preparo, contribuindo como alternativa para o RCD. O geopolímero foi produzido em três formulações C1, C2 e C3, variando a porcentagem de água, com maior porcentagem no traço C1 e menor no traço C3. Utilizou-se RCV e RC como fontes de aluminossilicatos, hidróxido de sódio (NaOH) e silicato de sódio alcalino aquoso (SSAA) como solução ativadora, em proporções iguais para todas as formulações. Após 28 dias foram realizados os ensaios de resistência à compressão e porosidade aparente. O traço C3 apresentou maior valor de resistência a compressão (13,76MPa), classificando-o, de acordo com a norma NBR 13281, como argamassa classe P6, tendo aplicação em assentamentos e revestimentos de paredes e tetos.

Palavras Chave: Geopolímero, Resíduos de Construção e Demolição, Resíduos de Cerâmica Vermelha e Resíduos Cimentícios.

Abstract

A geopolymer from Construction and Demolition Waste (CDW), classified as Red Ceramic Residues (RCR) and Cementitious Residues (CR), was elaborated. The increase in compressive strength was evaluated through the variation of the percentage of water in the preparation, contributing as an alternative to the RCD. The geopolymer was produced in three formulations C1, C2 and C3, varying the percentage of water, with greater percentage in the trace C1 and smaller in the trace C3. RCV and RC were used as sources of aluminosilicates, sodium hydroxide (NaOH) and aqueous alkaline sodium silicate (SSAA) as the activating solution, in equal proportions for all formulations. After 28 days, the tests of compressive strength and apparent porosity were performed. The C3 trait showed a higher value of compressive strength (13.76MPa), classifying it according to norm NBR 13281 as class P6 mortar, having application in settlements and wall and ceiling coverings.

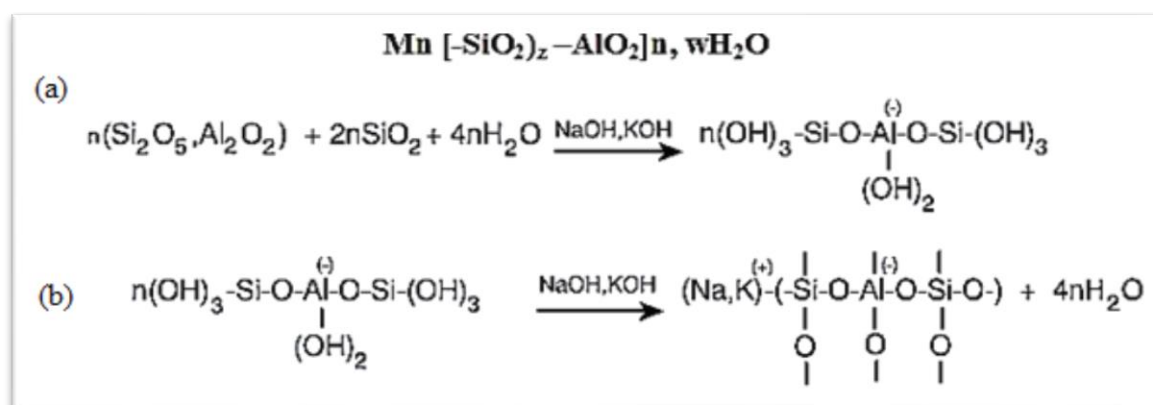
Keywords: Geopolymer, Construction and Demolition Waste, Red Ceramic Waste and Cement Waste.

Introdução

Com o aumento da produção de cimento, um material que gera grande poluição para sua produção, e de resíduos de construção civil devido ao crescimento populacional, há uma necessidade urgente da produção de novos materiais menos agressivos ao meio ambiente e ao mesmo tempo eliminando os resíduos constantemente gerados pela sociedade respeitando o desenvolvimento sustentável.

É importante destacar que para que ocorra o processo de geopolimerização a reação de policondensação é essencial, segue os mesmos eventos que a maioria das zeólitas, diferenciando-se pelo rápido endurecimento. Segundo Davidovits (1999), a reação é endotérmica e pode ser descrita conforme demonstrado na Figura 1 (a) e (b) (KOMNITSAS, 2011).

Figura 1 - Dissolução do aluminossilicato e formação dos polímeros inorgânicos: a) equação empírica; b) reação de policondensação.



Fonte: adaptado de Davidovits (1994).

De acordo com Rossetto (2017), recorrendo a Davidovits (2009), para formar um geopolímero é necessário um ativador. O ativador é responsável pela dissolução dos aluminossilicatos em um meio aquoso e em condições altamente alcalinas.

O conhecimento das propriedades físicas é importante pois elas se relacionam e interferem nas propriedades mecânicas do mesmo. Estas características, podem ser facilmente obtidas usando a lei de Arquimedes. Este princípio, relaciona três tipos de massas: a seca, submersa e com superfície seca, sendo obtidas com a secagem em estufa, imersão em água e com a secagem superficial, respectivamente (PENNING, 1989 *apud* ROSSETTO 2017, p. 20)

Materiais e métodos

Para fabricação do geopolímero em questão foi utilizado o Resíduo de Construção e Demolição (RCD), dele o Resíduo de Cerâmica Vermelha (RDV) e o Resíduo Cimentício (RC), obtidos em Belém do Pará, advindos dos resíduos de construção do novo Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará (UFPA). Segundo Bharath (2017) citado por Rossetto (2017, p. 17) O ativador alcalino usado é composto por NaOH 10M com 97,5% de pureza e SSAA (silicato de sódio alcalino aquoso).

Os materiais RC e o RCV passaram pela britagem, moagem em moinho de bolas e peneiramento na peneira 65 μm na Usina de Materiais do Laboratório de Engenharia Química da UFPA. Foi feita a análise da composição química por meio da análise de Fluorescência de Raios-X, Tabela 1, mostrando que os resíduos apresentam a porcentagem de aluminossilicatos necessária para que ocorra a reação de geopolimerização.

Tab. 1 – Composição química dos resíduos.

Resíduo	Composição Química, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	p.f.
RCV	66,69	15,58	8,18	3,84	1,18	1,42	1,79	0,83	0,49
RC	77,08	2,46	1,18	0,12	-	9,21	0,96	0,49	7,53

Os traços foram feitos a partir da mistura do RC e o RCV, que são os materiais sólidos, com o ativador alcalino, NaOH 10M a 97% de pureza e SSAA, que são os materiais líquidos. A formulação é apresentada na Tabela 2.

Tab. 2 – Formulação dos traços utilizados.

Traço	Resíduos		Solução Ativadora		
	RCV, g	RC, g	V _{NaOH} , mL	V _{SSAA} , mL	V _{H₂O} , mL
C1	170	130	20	55	32
C2	170	130	20	55	22
C3	170	130	20	55	16

A solução ativadora foi produzida através da mistura de NaOH e SSAA, com variação na quantidade de água, os resíduos e a solução ativadora foram colocados em um misturador mecânico, da marca SOLDTEST com capacidade para 13 litros, e movimento planetário por aproximadamente 3 minutos.

Os geopolímeros para os traços C1, C2 e C3 foram colocados em moldes cilíndricos de PVC de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, medidas de acordo com a ABNT NBR 5738 que determina que a altura possua o dobro do diâmetro, em triplicatas para cada traço. Após este processo, os corpos de prova foram colocados numa mesa vibratória por cerca de 1 min para a retirada de bolhas, então foram vedados com filme PVC e reservados em cura por 28 dias.



Figura 2 – corpos de prova

Os geopolímeros foram submetidos ao ensaio destrutivo de determinação de resistência à compressão no Laboratório de Resistência a Compressão da Engenharia Civil na UFPA, pela prensa EMIC SSHC300, com capacidade de 100KN e célula de carga 20KN, velocidade no ensaio de 5mm/min. Análise física de porosidade aparente realizadas em quadruplicada para os traços C1, C2 e C3, feita no laboratório de reologia do Laboratório de Engenharia Química da UFPA.

Resultados e discussões

Os resultados dos ensaios destrutivos para a determinação da resistência à compressão, podem ser vistos no Gráfico 1. Obtendo maior valor para o traço C3, onde foi utilizado menor percentual de água na sua formulação. A possível explicação para esse fato é que a quantidade de água utilizada foi próxima do ideal para o material, proporcionando que as reações químicas entre os materiais utilizados tivessem um bom percurso. Isso refletiu numa menor porosidade no traço C3, confirmando que a água reagiu com os demais materiais no processo de geopolimerização. Estudos de literatura demonstraram que quanto maior o teor de água na mistura, ocorre uma tendência de

formação de cristais maiores, diminuindo a área de superfície específica e levando à diminuição na resistência do material sintetizado (OLIVIA; SARKER; NIKRAZ, 2008).

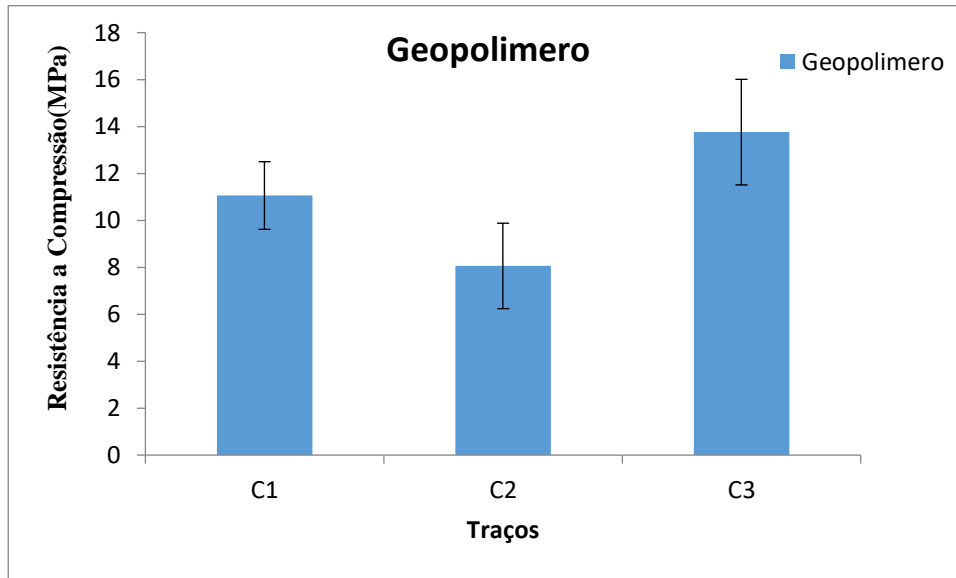


Gráfico1

O gráfico 2 apresenta os resultados obtidos nas análises físicas dos fragmentos dos traços do estudo. O traço que obteve um menor valor médio de porosidade aparente foi o traço C3, com 2,11%, demonstrando uma menor quantidade poros no seu interior. A entrada da água, seja por capilaridade, absorção ou sorvidade, é deletéria para a durabilidade do material. A diminuição dos poros e a porosidade total nos materiais pode aumentar a vida útil das estruturas (OLIVIA; SARKER; NIKRAZ, 2008).

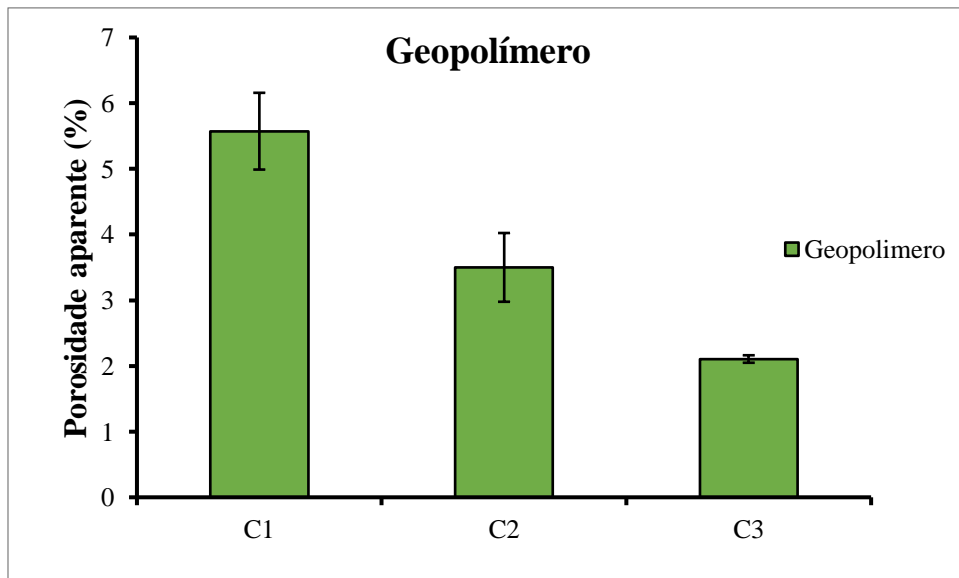


Gráfico 2

Conclusões

Com a realização da pesquisa pôde-se produzir um geopolímero utilizando RCV, que é de grande importância para destinar este resíduo, que vem se tornando abundante na Cidade de Belém-PA, bem como, em todas as grandes cidades. Ao produzir o geopolímero alterando a quantidade percentual de água, obteve-se um maior valor de resistência a compressão no traço com menor quantidade de água, e que pode ser explicado pelo menor valor da porosidade aparente e maior valor da densidade do traço.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Engenharia Civil pela disponibilização do equipamento de ensaio de resistência a compressão.

Referências:

____ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** Rio de Janeiro/RJ. 2001.

____ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5738. **Concreto_ Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova – Requisitos.** Rio de Janeiro/RJ. 2015.

[1] BOCA SANTA, R. A. A. **Desenvolvimento de Geopolímeros a Partir de Cinzas Pesadas Oriundas da Queima do Carvão Mineral e Metacaulim Sintetizado a Partir de Resíduo da Indústria de Papel.** 2012. 135 p. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

[2] DAVIDOVITS, J., **Properties of Geopolymer Cements. Proceedings First International Conference on Alkaline Cements and Concretes,** p. 131-149, 1994.

[3] DAVIDOVITS, J., **Chemistry of Geopolymeric of Systems,** Terminology. Second International Conference Geopolymère'99, Institute Géopolymère, Saint-Quentin, France and I.N.S.S.E.T. Université de Picardie, Saint-Quentin, France, v. 1, p. 9-40, 1999.

[4] OLIVIA, M.; SARKER, P.; NIKRAZ, H.. Water Penetrability of Low Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete. **Conference on Constitution and Building Technol International,** 2008.

[5] ROSSETTO, Matheus. **Desenvolvimento de geopolímeros com a incorporação do lodo de estações de tratamento de água.** Joinville, 2017.