

ANÁLISE MECÂNICA DE CONCRETO GEOPOLIMÉRICO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO CONCRETO CONVENCIONAL

Mechanical analysis of geopolymer concrete as a sustainable alternative to conventional concrete.

Iago Pimentel de Almeida Felismino da Silva

Centro Universitário De João Pessoa | João Pessoa, Paraíba | engiagopimentel@outlook.com

Carlos Mavíael de Carvalho

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará | Santana do Araguaia, Pará | mavíael.carvalho@unifesspa.edu.br

Bruno Ramalho Pinto

Centro Universitário De João Pessoa | João Pessoa, Paraíba | brunorp@gmail.com

Franckeliny de Paula Sales Amaral

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará | Santana do Araguaia, Pará | franckeliny@unifesspa.edu.br

Mathuzalém Ricardo Sousa da Mota

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará | Santana do Araguaia, Pará | matuzalemricardo@unifesspa.edu.br

Resumo

Este estudo objetiva analisar a possibilidade do concreto geopolimérico como meio alternativo ao convencional, utilizando o fator de empacotamento de partículas e rejeitos da produção de cerâmica vermelha para produção de geopolímero, através de ativação alcalina. Foi utilizado na mistura Metacaolim como fonte de alumínio silicato e o hidróxido de sódio (NaOH) e o silicato de sódio (Na_2SiO_3) como ativadores. Foram moldados quatro traços, sendo avaliado a cura, empacotamento de agregado miúdo e cerâmica vermelha adicionada como substituição, em corpos de prova cilíndricos de dimensões 05x10cm, curados em estufa e ambiente. Os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência à compressão simples, com idades de 3, 7 e 28 dias. Os resultados encontrados aos 28 dias, utilizando o traço de referência, resultou em 15.39MPa, com empacotamento da areia 40.45MPa, com empacotamento de rejeito cerâmico e cura térmica 63.48MPa e, por fim, com empacotamento do resíduo cerâmico, sem cura térmica, 51.79MPa, mostrando que o concreto geopolimérico com rejeito e sem cura térmica tem características satisfatórias quando comparado ao concreto convencional. Com esses resultados, observa-se que o empacotamento influenciou a resistência à compressão, principalmente a adição de rejeito cerâmico que gera reduções e vantagens do ponto de vista ambiental.

Palavras-chave: Concreto geopolimérico; Empacotamento de partículas; Rejeito cerâmico.

ABSTRACT

This research studies the substitution of geopolymer concrete as an alternative to Portland cement concrete, using the packing factor of particles and waste from the production of red ceramics to produce geopolymer, through alkaline activation. Metakaolin was used as a source of aluminum and silicate; sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) as activators. In total, four samples were studied in cylindrical specimens of dimensions 05x10cm and applied. The samples were subjected to simple compressive strength tests, aged 3, 7, and 28 days. The results found at 28 days, using the reference trace, resulted in 15.39MPa, with sand packing 40.45MPa, with packing of ceramic waste and thermal curing 63.48MPa and, with ceramic waste packing and without thermal curing, 51.79MPa. Indicating that the geopolymer concrete with reject and without thermal curing has satisfactory characteristics when compared to conventional concrete. Overall, it is observed that the packaging influenced the compressive strength, mainly the addition of ceramic waste, which reduce the waste and increase environmental appeal of the geopolymer concrete.

Keywords: Geopolymer concrete; Particle packing; Ceramic waste.

1 INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

Devido ao grande impacto ambiental da construção civil é crescente a preocupação com inovações técnicas e desenvolvimento de novos materiais para mitigar os danos ambientais. Nesse contexto, o Cimento Portland é um dos materiais mais utilizados na indústria da Construção e um dos mais poluidores, isto acontece devido a grande quantidade de CO₂ emitida, necessidade energética e alto grau modificador do meio-ambiente (DA SILVA, 2022).

Um material que pode ser considerado alternativo ao Cimento Portland é o geopolímero, pois possui boas propriedades aglomerantes, baixa emissão de CO₂, alta resistência a calor, baixo consumo energético e ótimo ganho de resistência inicial; inicialmente foi desenvolvido pelo pesquisador francês Joseph Davidovits, tendo na maior parte de sua composição alumínio e silício, que viabiliza o uso de materiais naturais como argilas o caulim (DAVIDOVITS, 1991).

O uso do geopolímero é difundido em diversas indústrias, podemos citar os seguintes: revestimento para proteção contra incêndio para navios de cruzeiro (TALLING 2002), resina em compostos de fibra de carbono de alta temperatura (LYON et al., 1997), na proteção térmica de estruturas de madeira (GIANCASPRO et al., 2006), adesivo resistente ao calor (BELL et al., 2005, KRIVENKO e KOVALCHUK 2007), refratário monolítico (COMRIE e KRIVEN 2003, KRIVEN et al., 2004), dentre outros.

Semelhante ao Cimento Portland, o geopolímero sofre forte influência do seu método de cura, segundo LLOYD e RANGAN (2010), a cura em estufa melhora as propriedades do geopolímero, a 30°C, tendo como temperatura mínima, e pode ser obtida por condições ambientais em climas tropicais.

Assim como no concreto oriundo de Cimento Portland, o fator de empacotamento também pode ser aplicado no Concreto geopolimérico. Neste trabalho, optamos pelo cálculo do modelo de Furnas, que segundo Oliveira (2013) a distribuição de partículas é tratada como distribuições discretas e o empacotamento máximo ocorre quando os vazios existentes entre partículas maiores são totalmente preenchidos pelas partículas menores.

Portanto, este trabalho avaliou o uso de Concreto geopolimérico como alternativa ao Concreto de Cimento Portland utilizando o modelo de Furnas como fator de empacotamento sob o aspecto de dois métodos de cura, sendo em estufa em temperatura controlada de 40° C e temperatura ambiente média de 25° C.

2 MÉTODO

Este estudo trata-se de uma pesquisa laboratorial, realizada em ambiente controlado. Foi aplicado para este trabalho a metodologia experimental com intuito de realizar uma contribuição acadêmica e prática para aplicações de concretos geopoliméricos. Todos os ensaios e testes para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados no Laboratório de materiais do Centro universitário de João Pessoa (UNIPÊ).

Foram produzidos com o intuito de avaliar a influência do método de empacotamento dos agregados e seu comportamento em relação à incorporação do rejeito cerâmico. No que diz respeito ao método de empacotamento, trata-se de um processo que visa obter uma mistura com menos espaços vazios entre as partículas. Para isso, foram realizados ensaios com quatro tipos de misturas:

Quadro1: Misturas

• Convencional de referência sem empacotamento (T0) – 12 corpos de prova;	Empacotamento de rejeito de cerâmica vermelha sem cura térmica (T2) – 12 corpos de prova;
• Convencional de referência com empacotamento da areia (T1) – 12 corpos de prova;	Empacotamento de rejeito de cerâmica vermelha com cura térmica (T3) – 12 corpos de prova.

Fonte: o Autor, 2018

Já com relação ao beneficiamento de partículas usou-se o cálculo do modelo de Furnas, discretizando as porções utilizadas em sete malhas granulométricas da solotest: 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15; 0,075 (mm), sendo as partículas finas a maior porção retina nas peneiras. Para a preparação do concreto foi realizado o processo de pré-mistura através do preparo da solução ativadora, o NaOH foi dissolvido em água, no tocante a mistura, após a pesagem e separação dos materiais, foi adicionado na argamassadeira a solução ativadora, o Metacaulim e os agregados, juntamente à incorporação do rejeito de cerâmica vermelha (em torno de 45% da massa do Metacaulim), na qual, foi realizada a mistura por 10 minutos.

Posteriormente, todos os corpos de prova padronizados foram moldados de forma cilíndrica de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, segundo a NBR 5738:2008. Foram moldados para realizar o ensaio de resistência à compressão simples, sendo desmoldados após 48 horas de cura ambiente e térmica. Para cada idade foram confeccionados e rompidos 3 corpos de prova, e sua resistência média a compressão foi aferida aos 3, 7 e 28 dias, respectivamente.

Os traços finalizados foram baseados nos seguintes valores:

Quadro 2: Materiais

Metacaulim	Hidróxido de sódio	Silicato de sódio	Água	Areia	Brita	Rejeito cerâmico
1,98 kg	0,22 kg	1,98 kg	0,42 kg	6,00 kg	3,90 kg	0,90 kg

Fonte: o Autor, 2018

Com relação ao (T0), foi ensaiado o traço simples sem utilizar o coeficiente de empacotamento ou adição do rejeito cerâmico. Já para o (T1) foi utilizado o método de Furnas no agregado miúdo (areia) sem adição de rejeitos. Para os traços (T2) e (T3) sem cura térmica e com cura térmica, respectivamente, foi incorporado a cerâmica vermelha beneficiada em diferentes malhas granulométricas, por fator de empacotamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro abaixo demonstra a resistência obtida nas idades de ensaios:

Quadro 3: Resultados em MPa

	(T0)	(T1)	(T2)	(T3)	
3 DIAS	12,09	27,43	34,84	25,46	(MPa)
7 DIAS	14,06	37,04	48,61	48,26	
28 DIAS	15,39	40,45	51,79	63,48	
	Ref.	Ref. Emp	Incor. S/C	Incor. C/C	

Fonte: o Autor, 2018

O resultado mostra que, aos 3 dias, o traço (T2), que foi moldado utilizando cura ambiente e adição de rejeito cerâmico, obteve uma resistência maior que a resistência do traço padrão (T0) que não foi empacotado, cerca de 188,17%.

Aos 7 dias, os concretos continuam a evidenciar aumento significativo de sua resistência durante o endurecimento e cura. Para as misturas (T2) e (T3) houve uma igualdade de valores, na faixa dos 48 MPa, com um aumento de 245,7% e o 243,2% respectivamente, mostrando assim, que o uso de cura térmica para (T3), pode ser dispensável dependendo do uso deste concreto, pois as resistências iniciais podem ser facilmente atingidas sem esse artifício, estando ambas quase na faixa do valor de 50 MPa, que para um concreto convencional já é considerado um concreto de alto desempenho.

Por fim, para a idade de 28 dias, o (T3) foi o que resultou melhor características resistivas à compressão entre os traços, no qual, esse também possui empacotamento de rejeito cerâmico e cura térmica e que a diferença para (T2) é 22,57%, esse por sua vez, sem cura térmica, por ter ficado em temperatura ambiente. Esse traço possui melhor viabilidade, pois a resistência final do traço teve um ganho de 236,5% em relação ao traço padrão (T0).

4 CONCLUSÃO

O traço desse concreto para o estudo foi desenvolvido através de testes em laboratório, com o intuito de produzir um concreto geopolimérico, com resistência à compressão mínima de 25 Mpa. O Traço (T0), não apresentou resistência mínima necessária para o objetivo do estudo, já o traço (T1) com empacotamento do

agregado e miúdo, apresentam um melhor resultado, com resistência acima de 40 Mpa, para os traços (T2), (sem cura térmica), e (T3) (com cura térmica),

Com os resultados alcançados, observa-se que o benefício ecológico é tão grande quanto o estrutural pois existe um alto desempenho mecânico quando é incorporado o rejeito cerâmico no geopolímero. Verifica-se que o empacotamento de partículas influenciou diretamente a resistência à compressão, principalmente a adição da cerâmica, que gera vantagens do ponto de vista ambiental, que além de não emitir grandes quantidades de CO₂, auxiliam na reciclagem de materiais, retirando rejeitos do meio ambiente.

Por fim, apesar dos resultados satisfatórios com a resistência mecânica, se faz necessário mais estudos na área, verificando também diferentes características como durabilidade, permeabilidade, retração, compatibilidade com aço e outros materiais, visando uma possível normatização, para que futuramente ocorra a possibilidade da utilização segura desse material em obras, moldados em loco ou até mesmo, pré-moldados, assim como o concreto convencional de cimento Portland, visto que é possível atingir resistências satisfatórias com cura ambiente.

REFERÊNCIAS

Bell, J. L., Gordon, M. and Kriven, W. M. Use of geopolymeric cements as a refractory adhesive for metal and ceramic joins. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, (2005).

Comrie, D. C. and Kriven, W. M. Composite cold ceramic geopolymer in a refractory application. *Ceramic Transactions*, (2003).

Davidovits, J. Geopolymers – Inorganic polymeric new materials. *Journal of Thermal Analysis*, (1991).

DA SILVA, Leandro Souza. INDÚSTRIA BRASILEIRA DO CIMENTO: CONSUMO E IMPACTOS AMBIENTAIS. *CONSTRUINDO*, v. 14, n. 1, 2022.

Kriven, W. M., Bell, J. L. and Gordon, M. Geopolymer refractories for the glass manufacturing industry. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, (2004).

Krivenko, P. V. and Kovalchuk, G. Y. Directed synthesis of alkaline aluminosilicate minerals in a geocement matrix. *Journal of Materials Science*, (2007).

LLOYD, N.; RANGAN, V. Geopolymer concrete with fly ash. In: *Proceedings of the Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*. UWM Center for By-Products Utilization, (2010). p. 1493-1504.

Lyon, R. E., Balaguru, P. N., Foden, A., Sorathia, U., Davidovits, J. and Davidovics, M. Fire-resistant aluminosilicate composites. *Fire and Materials*, (1997).

McGEARY, R.K. Mechanical packing of spherical particles. *Journal of the American Ceramic Society*, Westernville, v. 44, n.9, p. 513-522. (1961).

OLIVEIRA, Caroline Oliveira e. Análise das propriedades reológicas de materiais cimentícios associando o conceito de empacotamento de partículas. 2013. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Talling, B. Geopolymers give fire safety to cruise ships. *Geopolymers 2002. Turn Potential into Profit*, Melbourne, Australia, Lukey, G. C. (Ed.), *Proceedings*, (2002).