INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL VIRGEM EM CIMENTO GEOPOLIMÉRICO

Francine Marcondes (Cnpq), Sidnei Antonio Pianaro (Orientador), e-mail: sap@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

3.03.05.00-4 Materiais não metálicos, 3.03.05.02-0 Cerâmicos.

Palavras-chave: Geopolímero, cimento, cal virgem, reciclagem.

Resumo

No presente trabalho será investigado o desenvolvimento de compostos geopoliméricos a base de resíduo industrial para construção civil analisando a influencia da adição de cal virgem em sua resistência mecânica, flexão. Nesse trabalho os corpos de prova utilizados para o estudo são prismáticos, os quais serão submetidos a ensaios de flexão para a determinação da sua resistência mecânica, ensaios de absorção de umidade e densidade geométrica para estudar o efeito da compactação da estrutura causada pela cal virgem. Compostos geopoliméricos normalmente possuem grande potencial de substituir o cimento Portland na construção civil. Possui esse nome devido ser um material inorgânico porém sua reação de obtenção é rápida e em baixas temperaturas com estrutura semelhante aos polímeros, sendo comumente chamados de polímeros inorgânicos.

Introdução

As fábricas de cimento Portland são consideradas grandes poluidoras. As cimenteiras são responsáveis por 5 % da emissão de dióxido de carbono (CO_2) de todo o mundo (na produção de uma tonelada de clínquer, é gerada uma tonelada de CO_2, contribuindo para o aumento do efeito estufa, segundo estudo (1, 2).

A tecnologia geopolimérica tem atraído cada vez mais atenção como uma solução para a reutilização e reciclagem de resíduos sólidos industriais e subprodutos (6).

Geopolímero é um material inorgânico com estrutura similar à de polímeros orgânicos. Geopolímeros podem ser produzidos a partir de precursores ricos em fases reativas de aluminossilicatos, entre eles: cinzas volantes da combustão do carvão, escórias metalúrgicas, argilas calcinadas, cinzas vulcânicas entre outros. E o meio alcalino para a reação pode ser obtido a partir de silicatos, hidróxidos, carbonatos ou aluminatos de metais alcalinos (11).

Quando adiciona-se cal virgem a porcentagem de poros do componente geopolimérico é diminuída, influenciando na absorção de água e da resistência mecânica (3). A redução da resistência à compressão devido a baixa temperatura de cura pode ser compensada pela incorporação de cal, o qual pode acelerar a taxa de polimerização, mesmo a baixa temperatura (4).

Esse trabalho tem como objetivo estudar a influência da cal virgem na composição analisada, com o intuído de aumentar a sua compactação e consequentemente aumentar a resistência mecânica, já que poros na estrutura cerâmica atuam como defeitos sendo passíveis de propagação de trincas levando a estrutura ao rompimento e falha mais facilmente (3).

Material e Métodos

ISSN 1676-0093

Materiais: Resíduo construção civil: O material possui razão Si:Al de 2,79. O material foi recebido após sua moagem e foi peneirado para que sejam utilizadas partículas passantes em peneira 0,5 mm.
Cal Virgem: O CaO pode contribuir para uma maior compactação de estruturas geopoliméricas. Na composição foi utilizada com porcentagem em peso de 2,5 % de CaO. A cal utilizada foi a cal virgem hidratada Calponta.
Ativador alcalino: Como meio alcalino foi utilizado o hidróxido de potássio (KOH), na forma de pastilhas da marca Pequim, com peso molar de 56,11 g/mol.
Métodos: Para a fabricação dos corpos de prova, primeiramente, foi preparada a solução alcalina, pela dissolução do hidróxido de potássio em água da rede nas proporções determinadas, a cada 26 g de H_2O 2,5 g de KOH. Foram feitas 3 amostras para cada composição, as quais variam o teor do resíduo de construção civil e da cal virgem. As composições foram feitas conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Composição corpos de prova

Composição	Resíduo de construção civil (%)	Cal virgem (%)
C1	90	10
C2	80	20
C3	70	30
C4	60	40

Fonte: a autora

Depois de Preparada a solução alcalina e a mistura da cal virgem com o resíduo de construção civil, os mesmos foram misturados manualmente até obter-se uma massa homogênea, a qual foi disposta em moldes prismáticos de dimensões: 24x12x1 mm, previamente preparados com desmoldante a fim de facilitar a retirada do corpo de prova. As composições foram dispostas em uma estufa para a cura em uma temperatura de 90 °C por 24 horas.
Caracterizações:
Resistência mecânica:
A resistência mecânica foi medida através do teste de flexão dos corpos de prova prismáticos. Os testes de flexão de três pontos foram realizados em uma máquina universal de ensaios, modelo AG-1 10 kN, da marca Shimadzu.
Absorção de umidade: Pesou-se amostras secas em estufa obtendo-se assim sua massa seca (ms). Os pedaços foram imersos em água por um período de 24h em temperatura ambiente. Após o período de imersão, as amostras foram novamente pesadas, obtendo-se sua massa úmida (mu).
Densidade geométrica: Para o cálculo, utiliza-se a equação: m/V
Onde m é a massa do corpo de prova e V é o produto das dimensões geométricas do mesmo. A massa foi medida por uma balança semi-analítica Shimadzu BL-3200H e as dimensões foram aferidas com o auxílio de um paquímetro digital.

Resultados e Discussão

Resistência mecânica: Os valores de resistência a Flexão estão dispostos na Tabela 2:

ISSN 1676-0093

Tabela 2 – Resistência Mecânica

Composição	Resistência a Flexão (N/mm²)
C1	6,25
C2	6,96
C3	7,81
C4	9,25

Fonte: **A autora**

Pela tabela, observa-se que a resistência mecânica se elevou ao aumentar a porcentagem de Cal virgem na composição, indo de 6,25 N/mm² na composição C1, a qual possui 10 % de Cal virgem, para 9,25 N/mm² em C4, a qual possui 40% de cal virgem, tendo um acréscimo de 3 N/mm². Nas amostras de C1 a C3 o aumento de resistência ocorreu, porém não com uma relativa grande diferença, já em C4 houve um pico no aumento de resistência.

Absorção de umidade: Pela Absorção de umidade é possível analisar a compactação a medida que se aumentou a proporção de cal virgem, já que a mesma determina a quantidade de porosidade aberta na composição, quanto maior o valor de absorção menor a compactação. Os dados de absorção de umidade estão dispostos na Tabela 3:

Tabela 3 – Absorção de umidade

Composição	Absorção de umidade (%)
C1	10,15
C2	9,89
C3	8,50
C4	8,02

Fonte: **A autora.**

Como esperado, as composições com menores valores de resistência mecânica possuem maior valor de absorção de umidade, já que como visto anteriormente, os poros atuam como propagadores de defeito diminuindo a resistência mecânica. A composição com maior valor de absorção de água foi a C1 com 10,15 % de absorção, mostrando ser a menos compactada.

Densidade geométrica: A densidade geométrica é uma forma de analisar a compactação da estrutura, já que quanto mais compacta, menor será o volume de espaços vazios, diminuindo o volume total da amostra, dessa forma, quanto mais compacta maior será a densidade da mesma. A média dos valores da densidade geométrica de cada composição está presente na Tabela 4.

Tabela 4 – Densidade geométrica

Composição	Densidade geométrica (g/cm³)
C1	1,74
C2	1,96
C3	2,05
C4	2,39

Fonte: **A autora.**

ISSN 1676-0093

Conforme a tabela ocorre o esperado, quanto maior a proporção de cal virgem na composição maior será a densidade, já que a cal compacta a estrutura, gerando um menor volume do corpo de prova. Dessa forma, a composição C1, possui a menor densidade, com um valor de 1,74 g/cm³ e a C4, de 2,39 g/cm³.

Conclusões

Conclui-se que a adição de cal virgem na estrutura atua como compactador de composições geopoliméricas a base de resíduo de construção civil. Dessa forma ocorre um aumento na resistência mecânica quando adicionado 40 % de cal virgem, sendo que em C1, com 10 % de cal virgem a resistência foi de 6,25 N/mm² e em C4 com 40 % de cal virgem a resistência foi de 9,25 N/mm², com um acréscimo de 3 N/mm². Já para absorção de umidade, com a adição de cal virgem os valores diminuíram respectivamente. Para a composição C1 o valor foi de 10,15 % e para C4 foi de 8,02 % tendo um decréscimo de 2,13 % na absorção de umidade. Para a densidade geométrica o valor aumentou com a adição de cal virgem, em C1 o valor foi de 1,74 g/cm³ e para C4, 2,39 g/cm³, aumentando a densidade em 0,65 g/cm³.
Dessa forma, é possível dizer que uma forma de aumentar a compactação de estruturas geopolímericas a base de resíduo de construção civil é adicionando cal virgem na composição.

Agradecimentos

Agradeço ao orientador Sidinei Antonio Pianaro, ao Cnpq, ao labmu

Referências

1 CYCLE, Equipe e. **Processo de produção do cimento gera emissões e pode diminuir biodiversidade.** Cycle, Roraima, v. 1, n. 1, p.1-1, mar. 2011. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1569-processo-de-producao-do-cimento-gera-emissoes-e-pode-diminuir-biodiversidade.html>. Acesso em: 23/05/2018.
2 MAURY, M. B. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. Sustentabilidade em Debate**, Brasilia, v. 3, n. 1, p.1-95, jun. 2009.
3 D. Dutta and S. Ghosh, **"Effect of lime stone dust on geopolymerisation and geopolymeric structure,"** International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 2, no. 11, ISSN 2250–2459, 2012
4 SANDEEP L. Hake, **Temperature Effect on Lime Powder-Added Geopolymer Concrete**, Hindawi, Advances in Civil Engineering, 2018.
5 DAVIDOVITS, J. **Geopolymer Cement, a Review**. Institute Geopolimére, p. 1-11, 213
6 HE, J. et al. **Synthesis and characterization of red mud and rice husk ash-based geopolymer composites**. Cement and Concrete Composites, v. 37, p. 108-118. 2013
7 DAVIDOVITS, J. **Geopolymers: Inorganic polymeric new materials**. Journal of Thermal Analysis, v. 37, p. 1633-1656, Out. 1991.
8 DAVIDOVITS, J. **Geopolymer Chemistry and Applications**. 2. ed. Saint-Quentin: Geopolymer Institute, 2008. 632 p.
9 DAVIDOVITS, J. **30 years of successes and failures in geopolymer applications. Market trends and potential breakthroughs**. In: GEOPOLYMER 2002 CONFERENCE, 2002, Melbourne. p. 1-16.
10 DAVIDOVITS, J. **Geopolymers: Inorganic polymeric new materials**. Journal of Thermal Analysis, v. 37, p. 1633-1656, Out. 1991.