



Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

## **GEOPOLÍMEROS NA ENGENHARIA CIVIL: UMA ALTERNATIVA AO CIMENTO CONVENCIONAL<sup>1</sup>**

**GEOPOLYMERS IN CIVIL ENGINEERING: AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL CEMENT**

**Eric Renã Zavitzki Schimanowski<sup>2</sup>, Gabrielli Tápia de Oliveira<sup>3</sup>, Éder Claro Pedrozo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil

<sup>3</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil

<sup>4</sup> Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil

### **RESUMO**

Cimento geopolimérico é um termo recente que se refere ao produto criado a partir da mistura de materiais com fonte de sílica e alumínio, como o metacaulim e as cinzas volantes, com silicatos de sódio ou potássio em meio alcalino. Em outras palavras, o aglutinante em questão é formado pela mistura de um pó com características específicas e de soluções químicas que, quando corretamente homogeneizados, criam uma pasta com propriedades cimentícias capaz de ser aplicada em concretos. Ademais, a mistura também traz algumas características importantes para a construção civil, como a alta resistência inicial e a possibilidade de cura térmica, sendo imprescindível que as proporções entre cada material sejam estudadas para que se atinjam os resultados almejados.

**Palavras-chave:** Silicatos. Aluminatos. Hidróxidos. Cimento Geopolimérico.

### **INTRODUÇÃO**

De acordo com Davidovits (1994), os geopolímeros podem ser entendidos como materiais amorfos que passam a ser semicristalinos tridimensionais silico-aluminatos criados a partir de polímeros minerais resultantes da geoquímica ou geossíntese. Para o autor, a geossíntese é baseada na capacidade do íon alumínio em induzir mudanças cristalográficas e químicas em uma cadeia de sílica, sendo que o processo produz nanocompósitos, ou seja, rochas feitas pelo homem.

O geopolímero com base em silico-aluminato, pode ser chamado de sialato (uma abreviatura de silício-oxo-aluminatos), que consiste em uma rede de  $\text{SiO}_4$  e  $\text{AlO}_4$ , ambos tetraedros, ligados alternadamente compartilhando todos os oxigênios (DAVIDOVITS, 1994).



Nesse sentido, Davidovits (1994) sugere que, para equilibrar as cargas negativas devem estar presentes na estrutura alguns íons positivos como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Assim, o alumino-silicato usado na reação se encontra na forma de pó sólido, como, por exemplo, o metacaulim, enquanto o ativador pode ser facilmente constituído por solução de hidróxido de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH) e solução de silicato de sódio ou de potássio (WANG *et al.*, 2005). Majidi (2009), explica que na geopolimerização, primeiro os óxidos alumino-silicatos se dissolvem na solução alcalina, depois os complexos de Al e Si dissolvidos se difundem das superfícies das partículas para os espaços entre elas.

Ademais, para produzir geopolímeros de caulim são necessárias três principais etapas. A primeira é a ativação térmica para obter um material argiloso com alta atividade química, onde o resultado é um sólido amorfo estável, chamado de metaculim (MAJIDI, 2009). Após, é necessário realizar a ativação alcalina, onde são produzidos monômeros de silicato e aluminato que, na etapa três, condensam em uma rede de polímero estável.

Nesse cenário, o geopolímero de metacaulim pode ser chamado de cimento geopolimérico, material que oferece características de interesse para o setor da construção civil, na medida em que apresenta características aglutinantes semelhantes ao cimento Portland. A partir disso, este estudo visa apresentar o cimento geopolimérico evidenciando sua composição e produção, discutindo o tema com base em pesquisas já realizadas.

## **METODOLOGIA**

O presente artigo pode ser classificado como uma pesquisa exploratória baseada em revisões bibliográficas. Para Marconi e Lakatos (2003, p.183) a pesquisa bibliográfica “abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, etc.”.

De acordo com Manzo (1971, 9. 32) a bibliografia pertinente para uso “oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente”. Assim, torna-se importante ressaltar que uma pesquisa bibliográfica não se refere a uma repetição de algo já dito ou escrito a respeito de determinado tema, e sim promove a investigação mais aprofundada desse, podendo resultar em conclusões diferenciadas e inovadoras (MARCONI; LAKATOS, 2003).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Davidovits (2013, p.2) “o cimento geopolimérico é um material inovador e uma alternativa real ao cimento Portland convencional para uso em infraestrutura de transporte e construção”. Isso porque, quando utilizado na produção de concreto, além de agregar vantagens ao mesmo, diminui consideravelmente a quantidade de energia e as emissões de gases durante sua produção, podendo atuar como uma alternativa aos cimentos Portland por terem um impacto notável nas estratégias de redução de emissão de CO<sub>2</sub> (MAJIDI, 2009).

Nesse contexto, para a obtenção do concreto geopolimérico o cimento é constituído por precursor (aluminossilicato sólido) e solução ativadora (hidróxido e silicato). Nessa perspectiva, sabe-se que o aluminossilicato sólido afetará diretamente o processo de dissolução e a reação subsequente, já o ativador líquido dissolverá e determinará a quebra e recombinação da estrutura do aluminossilicato (WANG *et al.* 2005).

Quanto ao precursor, Liew *et al.* (2016) salientam que a matéria prima utilizada dos geopolímeros são os aluminossilicatos, ou seja, materiais ricos em alumina e sílica que são encontrados em abundância na crosta terrestre. É comum que os geopolímeros sejam produzidos a partir de materiais de origem tratados termicamente ou calcinados, como metacaulim, cinzas volantes e escória de alto-forno (LIEW *et al.* 2016). Ma *et al.* (2018) salientam que as pesquisas que envolvem concretos geopoliméricos utilizam, em sua grande maioria, cinzas volantes, consideradas resíduos de processos industriais, ou, em menor quantidade, o metacaulim.

Para Duxson *et al.* (2007), a estrutura do metacaulim possui diferenças críticas se comparadas à estrutura da cinza volante. Isso porque a última, por ser um resíduo industrial, não é derivada de um material de partida bem definido criando uma certa heterogeneidade que faz com que sejam necessários maiores cuidados na produção do concreto. Por outro lado, o metacaulim é sintetizado idealmente na fase de caulim puro, gerando geopolímeros que podem ser fabricados de forma consistente, com propriedades previsíveis durante a preparação do concreto (DUXSON *et al.* 2007).

Já quanto a solução ativadora, Liew *et al.* (2016) apontam que a mesma consiste em um reagente alcalino, ou seja, um metal alcalino solúvel à base de sódio ou potássio. Os autores ressaltam, ainda, que nesse meio alcalino os aluminossilicatos se dissolvem rapidamente e



promovem as espécies dissolvidas para o processo de policondensação. Entre as soluções disponíveis, Singh *et al.* (2015) apresentam como opções os hidróxidos de sódio (NaOH), hidróxido de potássio (KOH), silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) e silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ).

Conforme Liew *et al.* (2016), o precursor composto por aluminossilicato se dissolve mais facilmente na solução de NaOH, mas a resistência à compressão final é maior ao utilizar KOH, devido ao tamanho das moléculas. Ademais, Borges *et al.* (2014) citam que na maioria das pesquisas o NaOH tem sido utilizado como parte da solução ativadora ao invés do KOH, devido ao seu menor custo.

Liew *et al.* (2016), citam que o hidróxido alcalino é necessário para a dissolução dos aluminossilicatos, já o silicato alcalino atua como um aglutinante, reagente alcalino e dispersante ou plastificante. Ademais, no estudo de Wang *et al.* (2005), os autores descobriram que o aumento de NaOH também aumenta, dentro do intervalo 4-12 mol/l, a resistência à flexão, a resistência à compressão e a densidade aparente do geopolímero de metacaulim. Conforme os autores, isso ocorre porque há maior capacidade de dissolução para particulados de metacaulinita, produzindo ligações mais reativas.

Quanto as propriedades de resistência, Pelisser *et al.* (2013), por exemplo, compararam os resultados de compressão de três geopolímeros a base de metacaulim com relação molar diferente entre  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ . Os valores mais satisfatórios foram encontrados para relação igual a 1,6 em que o geopolímeros atingiu cerca de 64 MPa aos 7 dias de cura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É sabido que inovações na tecnologia do concreto estão fortemente relacionadas com a evolução do material aglutinante que compõe a mistura. Nesse cenário, os concretos produzidos com geopolímeros possuem propriedades de interesse para a construção civil, como, por exemplo, resultados satisfatórios de resistência à compressão em idades de cura pequenas, bem como durabilidade elevada e condições de cura diferenciadas.

Ainda, é válido salientar que o cimento geopolimérico, produzido a partir da mistura de um precursor em pó e de uma solução química de silicatos e hidróxidos, impacta o meio ambiente em grau menor quando comparado ao aglomerante convencional, cimento Portland. Quanto à produção de concretos, tem-se que, embora as técnicas de adensamento e moldagem



sejam semelhantes, o concreto geopolimérico necessita de cuidados maiores na dosagem, pois depende de vários fatores relacionados às proporções de materiais que compõem o cimento. Nesse cenário, o cimento geopolimérico possui grande potencial para uso no setor da construção e tende a ser cada vez mais discutido entre os pesquisadores da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, P. H. R. *et al.* **Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II).** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, 2014.

DAVIDOVITS, J. **Geopolymers: man-made rocks geosynthesis and the resulting development of very early high strength cement.** J. Mater. Educ., 16, 1994, pp. 91-139, 1994.

DUXSON, P. *et al.* **Geopolymer technology: the current state of the art.** J Material Science, 42, pp. 2917-2933, 2007.

LIEW, Y. M. *et al.* **Structure and properties of clay-based geopolymer cements: a review.** Prog Mater Sci, 83, pp. 595-629, 2016.

MA, C. K. *et al.* **Structural and material performance of geopolymer concrete: A review.** Construction and Building Materials 186, p. 90-112, 2018.

MAJIDI, B. **Geopolymer technology, from fundamentals to advanced applications: a review.** Mater Technol, 24 (2), pp. 79-87, 2009.

MANZO, A. J. **Manual para la preparación de monografías: una guía para presentar informes y tesis.** Buenos Aires: Humanistas, 1971.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311p.

PELISSER, F. *et al.* **Micromechanical characterization of metakaolin-based geopolymers.** Constr Build Mater, 49, pp. 547 – 553, 2013.

SINGH, B. *et al.* **Geopolymer concrete: a review of some recent developments.** Constr Build Mater, 85, pp. 78-90, 2015.

WANG, H. *et al.* **Synthesis and mechanical properties of metakaolinite – based geopolymer.** Colloids Surf A, 268, pp. 1-6, 2005.