

LIGANTES OBTIDOS POR ACTIVAÇÃO ALCALINA DE LAMAS RESIDUAIS DE MINAS. MICROESTRUTURA DOS PRODUTOS DE HIDRATAÇÃO

Pacheco-Torgal, Fernando *¹, Castro-Gomes, João (**), Jalali, Said (***)

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Sup. de Tec., Dep. de Eng^a Civil - Castelo Branco, Portugal

²Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil - Covilhã, Portugal

³Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil - Guimarães, Portugal

*Email:fernandotorgal@est.ipcb.pt

RESUMO

As investigações sobre cimentos activados alcalinamente, tiveram um desenvolvimento com alguma expressão na antiga União Soviética, nos países escandinavos e em alguns países do Leste da Europa. Glukhovsky foi o primeiro investigador que enfatizou as diferenças entre a composição do cimento portland, CSH and $\text{Ca}(\text{OH})_2$, e a composição básica dos minerais da crosta terrestre, materiais zeolíticos contendo metais alcalinos (Glukhovsky, 1959). As primeiras investigações sobre cimentos activados alcalinamente incidiram na activação de escórias de alto forno com soluções de alcalinidade média. O principal produto de reacção é nesse caso formado por silicatos de cálcio, como gel CSH com baixa razão cálcio/silica (C/S) e em alguns casos observou-se a formação de fases cristalinas como a hidrotalcite ($\text{Mg}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16}4\text{H}_2\text{O}$) (Wang & Scrivner, 1995; Song et. al., 2004). Alguns autores observaram mesmo a formação de compostos zeolíticos em ligantes endurecidos obtidos a partir da activação das escórias (Pu e tal., 1989). Poucos estudos tem sido realizados acerca da activação de resíduos industriais e tendo em conta que a composição da matéria-prima vai condicionar a estrutura do material endurecido, podem esperar-se produtos de hidratação diversos daqueles relatados pela literatura. Investigações recentes mostram que a partir da activação das lamas residuais das Minas da Panasqueira é possível sintetizar um ligante de características geopoliméricas (AALRM), com elevadas resistências iniciais, baixa absorção e elevada durabilidade. O objectivo do presente artigo é nessa sequência de apresentar resultados relativos à microestrutura dos produtos de hidratação daqueles ligantes.

O ligante geopolimérico AALRM utilizado no presente trabalho como material de reparação, foi obtido a partir da activação de lamas residuais das Minas da Panasqueira. Em termos mineralógicos as lamas são constituídas por muscovite e quartzo. A composição química das lamas revela que são constituídas essencialmente por sílica e alumina, contaminadas por sulfuretos e arsénio e com elevados teores de ferro e de potássio. O ligante AALRM constituído por uma mistura de agregados, lamas, hidróxido de cálcio, activador alcalino e água. Os agregados foram os mesmos já descritos para a execução do betão do substrato. A razão mássica entre agregados, lamas e activador alcalino é 1, 5:1:1. O hidróxido de cálcio é utilizado numa percentagem de 10%, devido ao facto de investigações relacionadas com o estudo da composição deste tipo de ligante, terem revelado que esta percentagem conduz à optimização da resistência à compressão. O activador alcalino é constituído por hidróxido de sódio com uma concentração de (24M) e silicato de sódio ($\text{Na}_2\text{O}=8,6\%$, $\text{SiO}_2=27,8\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=0,4\%$ e $\text{água}=63,2\%$), sendo utilizados numa proporção mássica de 1:2,5. Investigações sobre os ligantes AALRM revelaram que estas condições de composição revelaram ser aquelas que maximizam a resistência de longo prazo.

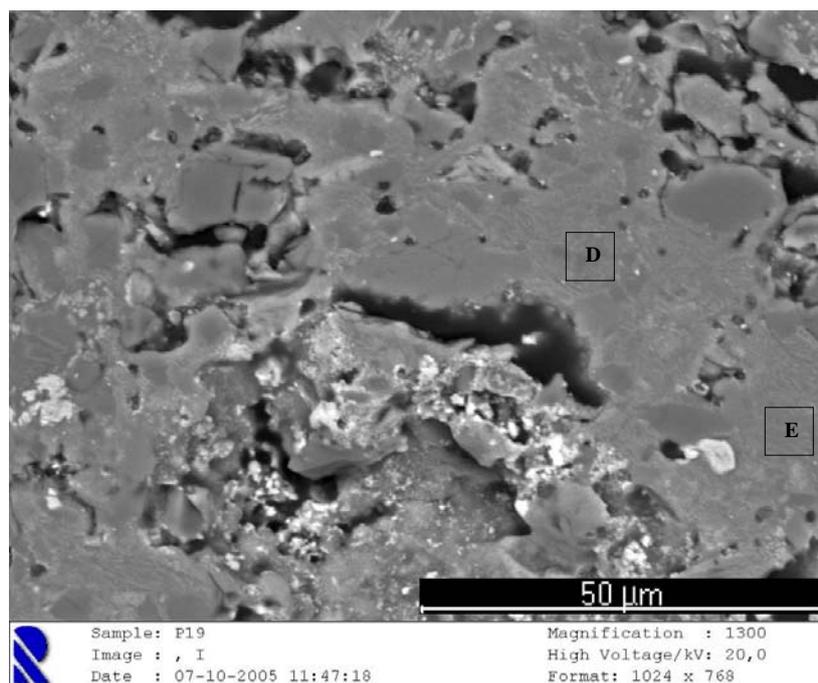


Figura 1. Microestrutura de argamassa AALRM

As áreas designadas por D,E na amostra da Figura 1 são bastante densas e uniformes podendo ser consideradas um gel aluminosilicatado. Esta observação é consistente com o elevado nível de resistência à compressão associado a esta composição. Aluminosilicatos com razões atômicas $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$ similares foram descobertos por (Yip & Deventer, 2003). Esta constatação confirma a formação de gel geopolimérico como o produto de hidratação principal de materiais aluminosilicatados na presença de hidróxido de cálcio, quando submetidos a soluções altamente alcalinas como constatado por (Alonso & Palomo, 2001). A análise da microestrutura permitiu confirmar a existência de uma fase aluminosilicatada característica dos ligantes geopoliméricos, contudo não foi possível nessa fase comprovar a hipótese de Davidovits relacionada com a compensação da electronegatividade associada à coordenação tetraédrica do alumínio.

REFERÊNCIAS

- Glukhovskiy, V. D., Soil Silicates. Gostroiizdat Publish (1959). Kiev, USSR.
- Wang, Shao-Dong, Scrivner, Karen, Hydration products of alkali activated slag cement. Cement and Concrete Research 25 (1995) 561-571.
- Song, S.; Sohn, D.; Jennings, H M; Mason, T. O., Hydration of alkali-activated ground granulated blast furnace slag. Materials Science 35 (2004) 249-257.
- Pu, X.; Gan, C.; Wu, L., Properties of alkali-slag cement concrete. J. Chin. Ceram. Soc. (5) (1989) 5-10
- Yip, C. K.; Deventer, S. J. S. - Microanalysis of calcium silicate hydrate gel formed within a geopolymetric binder. Journal of Materials Science 38 (2003) 3851-3860.
- Alonso, S.; Palomo, A. – Alkaline Activation of metakaolin and calcium hydroxidemixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio. Materials Letters 47 (2001) 55-62.