

## Formulação de Caldas à base de Cal para Injeção de Alvenaria Antiga

### Formulation of Lime based Grouts for Injection of Ancient Masonry

Luso, E. <sup>1</sup>; Lourenço, P.B. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ISISE, Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia



#### RESUMO

*Uma das técnicas possíveis para trabalhos de consolidação estrutural das paredes de alvenaria de pedra é a injeção de caldas fluidas. Trata-se de uma técnica passiva que restitui a integridade ao edifício e melhora a sua capacidade resistente. No entanto um dos seus maiores problemas, para além da reversibilidade, consiste na escolha da argamassa ou calda de injeção a usar. Pretende-se com este trabalho comprovar que o uso de misturas à base de cal, com adição de pozolanas e uma pequena percentagem de cimento, constituem uma possível alternativa às caldas comerciais existentes no mercado.*

#### ABSTRACT

*One of the possible techniques for structural consolidation of stone masonry walls is the grout injection. This is a passive technique that restores the integrity of the building and improves its resistance capacity. However one of their biggest problems, in addition to reversibility, is the selection of the mortar or grout to use. This study demonstrate that the use of mixtures of lime, pozzolan and a small percentage of cement, constitute a possible alternative to the commercially available grouts on the market.*

#### 1- INTRODUÇÃO

No reforço e consolidação de alvenaria pela técnica de injeção o preenchimento completo e uniforme da alvenaria com caldas são essenciais (Schueremans, 2001) para o sucesso da intervenção. Mas o preenchimento dos vazios no interior da alvenaria deteriorada não é um desafio fácil, pois são vários os parâmetros que estão envolvidos. A distância entre os orifícios, a pressão de

injeção, as propriedades reológicas das caldas, a capacidade de absorção de água e a condição geral da alvenaria (quantidade de fendas e a sua espessura) são fatores muito importantes (Van Rickstal, 2001). Baseado no desempenho necessário da estrutura, a calda de injeção deve promover o melhoramento das propriedades mecânicas do sistema injetado sem desvalorizar a durabilidade. Muitas vezes recorre-se à utilização de caldas pré-doseadas, disponíveis no mercado e que têm vindo a

ser usadas com bastante frequência, pela facilidade de elaboração, por empresas especializadas na área.

No entanto o uso de caldas à base de cal-pozolana-cimento parece ser uma opção bastante atrativa (Toumbakari, 2001), apresentando, potencialmente, muito boas propriedades. A eficácia dessas composições foi já provada em estudos experimentais efetuados a paredes de um e três panos (Toumbakari, 2001) (Luso, 2012). Pretende-se com este trabalho efetuar o estudo de misturas à base de cal com vista à sua utilização em trabalhos de reparação e reforço de alvenarias de pedra tendo em vista dispor de uma alternativa às caldas comerciais existentes no mercado.

## 2- MATERIAIS E PROPORÇÕES

As caldas foram elaboradas com cimento branco CEM II B/L-32,5R da Secil, cal hidratada do tipo CL80-S, *filler* calcário da Secil (LL), cal hidráulica NHL5 da Secil e metacaulino da marca OpiPOZZ-sr, embora se tenham feito estudos com outros materiais (Luso, 2012). Em todas as composições foi usada a cal hidratada como material de base e um superplastificante (SP) da marca Mapei.

A percentagem de cimento não excedeu os 30% e a percentagem de cal variou entre os 25% e os 70%. A quantidade de água de amassadura foi estipulada tendo como base uma quantidade suficiente para a obtenção de uma relação água/sólidos de 0,4. No entanto, o mínimo conseguido foi de 0,6, mesmo com a utilização de SP.

## 3- PROGRAMA DE ENSAIOS

A escolha das várias composições que foram sendo sucessivamente elaboradas em laboratório baseou-se na verificação dos requisitos, quer reológicos quer mecânicos, a que devem obedecer estas caldas. Sendo assim elaboraram-se ensaios de fluidez com o cone de Marsh, ensaios de exsudação e segregação, ensaios de compressão e flexão, bem como

ensaios para determinação da tensão à tração por aderência a vários tipos de suporte pétreo.

## 4- CONCLUSÕES

A conclusão principal que se pode retirar desta experiência é que é possível a elaboração de caldas à base de cal com características adequadas para injeção de estruturas antigas de alvenaria de pedra. Os resultados revelam muitas semelhanças entre as caldas comerciais e as que foram desenvolvidas em laboratório. Uma série de composições apresentou boas características a nível de comportamento reológico, exsudação e resistências mecânicas, contudo, a maioria delas, revelaram resultados muito fracos em termos de aderência, a não ser em caldas com adição de cimento. A calda composta por 35% cal hidratada, 30% de cimento e 35% de metacaulino aos quais se adicionou 3,33% de SP e 60% de água, apresentou resultados muito satisfatórios, em termos de fluidez, injetabilidade e aderência, comparativamente com os resultados obtidos nas caldas comerciais estudadas, assegurando uma alternativa mecanicamente eficiente e inclusive economicamente viável.

## 5- REFERÊNCIAS

- Luso, E. *Análise Experimental de Caldas à Base de Cal para Injeção de Alvenaria Antiga*, Tese de doutoramento, Universidade do Minho, 2012
- Schueremans L. *Probabilistic evaluation of structural unreinforced masonry*, Ph. D. Thesis, Department of Civil Engineering, KULeuven, 2001
- Toumbakari, E. *Lime-Pozzolan-Cement Grouts and their Structural Effects on Composite Masonry Walls*, PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2001
- Van Rickstal, F. *Grout injection of masonry, scientific approach and modeling*, International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, Vol 7(34): 407-432, 2001