

## A consolidação da falta de aderência de rebocos antigos – um estudo com diferentes argamassas para *grouting*



Martha Lins Tavares  
Restauradora, Doutoranda  
em Arquitectura, FA/UTL,  
Estagiária de Investigação  
do Laboratório Nacional  
de Engenharia Civil  
(LNEC), Bolseira FCT  
Lisboa, marthal@lneec.pt



Ana Fragata  
Engenheira Civil, Bolseira  
FCT, LNEC, Portugal  
afragata@lneec.pt



Mª do Rosário Veiga  
Engenheira Civil,  
Investigadora Principal,  
LNEC, Portugal,  
rveiga@lneec.pt

**Resumo:** Uma das principais formas de degradação dos revestimentos exteriores com base em cal, é a perda de aderência, ou seja, a separação entre as diferentes camadas do reboco ou entre reboco e suporte, provocando anomalias, designadamente destacamento, descolamento e lacunas no revestimento. Nesta comunicação apresenta-se um estudo em desenvolvimento no LNEC, sobre técnicas de restauro de rebocos antigos e históricos, com recurso, nomeadamente, à técnica de consolidação através de *grout* para restituição da aderência<sup>1</sup>.

**Palavras-chave:** argamassas de cal, técnicas de restauro, consolidação, *grout*

### 1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos exteriores e as suas várias camadas são elementos importantes da estrutura edificada, não só devido a questões técnicas, como também estéticas e históricas, formando assim um documento de identidade das tecnologias e materiais. Por isto, estes revestimentos devem ser preservados dentro dos conceitos básicos da conservação; contudo a manutenção destes revestimentos passa pela conservação de técnicas construtivas tradicionais e pelo uso de materiais compatíveis e o mais similares possível aos originais.

Durante este estudo verificou-se que uma das principais formas de degradação destes revestimentos é a perda de aderência, ou seja, a separação entre as diferentes camadas do

---

<sup>1</sup> Esta investigação insere-se no âmbito da tese de Doutoramento *A conservação e o restauro de revestimentos exteriores de edifícios antigos – uma metodologia de estudo e reparação* que Martha Lins Tavares está a desenvolver no LNEC e na FA/UTL, com o apoio da FCT (Fundação para Ciência e Tecnologia) e inserido no Projecto FCT | POCTI / HEC / 57723/2004 - *Conservação de rebocos de cal: melhoria das técnicas e materiais de reparação*, que também está sendo desenvolvido no LNEC/Lisboa. <http://conservarcal.lneec.pt>

reboco ou entre reboco e suporte, provocando anomalias, como destacamento, descolamento, e lacunas no revestimento. Este tipo de anomalias não são passíveis de reparação com as técnicas correntes da construção, recorrendo-se em geral à extracção e substituição dos revestimentos antigos e assim perdendo-se esses revestimentos.

Face ao exposto, o objectivo principal deste estudo é contribuir para definir uma metodologia de restauro conservativa, usando estratégias de manutenção dos revestimentos e das técnicas construtivas tradicionais, onde haja uma intervenção mínima, utilizando materiais compatíveis com os originais. Deste modo, para restituir a aderência perdida escolheu-se a técnica de consolidação através de *grout*. O objectivo do estudo é a discussão das características dos *grouts* testados sob condições controladas em laboratório, para posterior aplicação *in situ*. As argamassas de *grout* utilizadas para um tratamento de conservação, devem ser compatíveis mecânica, física e quimicamente com o revestimento original, pois é um tratamento praticamente irreversível [1].

Com base em estudos anteriores, definem-se na tabela 1 as exigências básicas de uma argamassa para *grouting*.

Tabela 1 – Exigências básicas para uma argamassa de grout

<b>Propriedades</b>	<b>Exigências</b>
Consistência	Suficientemente fluida para injectar [2]
Tempo de “presa”	Não menos que 48 horas [1]
Módulo de elasticidade	Menor que o do substrato (< 80%) [1 e 2]
Resistência à compressão	Menor que a do substrato (< 60%) [1 e 2]
Contração e dilatação da argamassa na secagem	O mínimo possível (< 4%) [1 e 2]
Coefficiente de dilatação térmica	Similar ao original [2]
Permeabilidade ao vapor de água	Preferencialmente alta; [2]
Coefficiente de capilaridade	Valor de coeficiente de capilaridade entre 50 – 100% do valor do substrato original [2]
Teor de sais	Possuir o mínimo possível (a quantidade de iões de sódios e potássio não deve ser superior a 120mg/kg de argamassa) [2]
Força de arrancamento Aderência	≥ 0,1 Nm <sup>2</sup> [2]

## 2. MATERIAIS UTILIZADOS E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Neste estudo foram ensaiados três tipos diferentes de argamassas industriais para *grouting*, todas elas vocacionadas para restituir a aderência entre as camadas do reboco. As argamassas ensaiadas neste estudo são designadas por: *argamassa A*, *argamassa B* e *argamassa C*, obedecendo às seguintes composições:

Argamassa A – composta por cal aérea; areia micronizada e aditivos.

Argamassa B – composta por cal hidráulica, areia micronizada e aditivos.

Argamassa C – composta por cal aérea; micro areias calcárias e aditivo pozolânico.

As argamassas foram preparadas de acordo com as especificações de cada fabricante. Os produtos foram misturados com água, manualmente, durante aproximadamente 5 minutos. Foram realizados dois tipos de provetes para posteriores ensaios do produto em laboratório:

- Provetes prismáticos com 40mm x 40mm x 160mm confeccionados apenas com argamassas de *grout* (Fig. 1).
- Provetes com a simulação de um descolamento entre camadas. Estes provetes foram confeccionados com argamassa de cal e areia na proporção volumétrica de 1:3, sendo constituídos por tijolos furados correntes, rebocados numa das faces com duas camadas de argamassa de cal, perfazendo um total de 20 mm, com um vazio entre camadas simulando assim a falta de aderência<sup>2</sup> (Fig. 2). A aplicação do *grouting* foi realizada após três meses de cura dos provetes. Primeiramente a zona de “descolamento” foi humedecida com uma mistura de água e álcool, para facilitar a penetração do *grouting* [3]. O produto foi aplicado em seguida, com uma seringa manual, sendo as primeiras camadas ligeiramente mais líquidas que as seguintes camadas, para permitir uma maior penetração, até preencher todo o vazio. Os provetes permaneceram numa sala condicionada a uma temperatura de  $23^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $50\pm 5\%$  de humidade relativa.



Fig.1 – Provetes prismáticos preenchidos com argamassas de *grout*.



Fig.2 – Provetes simulando descolamento entre camadas.

### 3. ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios seleccionados para verificar a eficácia dos produtos foram os seguintes:

- Absorção de água por capilaridade - para verificar a capacidade da argamassa de *grout* em absorver água por capilaridade. (EN 1015 –18:2000).
- Resistência à flexão e à compressão - para avaliar a resistência mecânica das argamassas, sobre os provetes tipo prisma. (NP EN1015:11).

---

<sup>2</sup> Estes provetes foram pensados no âmbito deste estudo; simular o descolamento em laboratório não foi uma tarefa simples, pois não se encontrou bibliografia específica com referência a este tipo de ensaio.

- Ensaio de Módulo de elasticidade – para verificar a capacidade de deformação da argamassa, sobre os provetes tipo prisma. (Relatório LNEC 427/05-NRI e NF- B10-511)
- Ensaio de aderência – para verificar a resistência de aderência das argamassas, realizado sobre provetes com simulação de descolamento entre camadas. (EN - 1015 -12 : 2000).
- Determinação da retracção - a retracção das argamassas ensaiadas foi determinada através da determinação da variação das medidas iniciais (dimensões do molde) e finais (provetes após secagem).



Fig.3 – Provetes após o ensaio de arrancamento – argamassa B .



Fig.4 – Provetes após o ensaio de arrancamento – argamassa A.

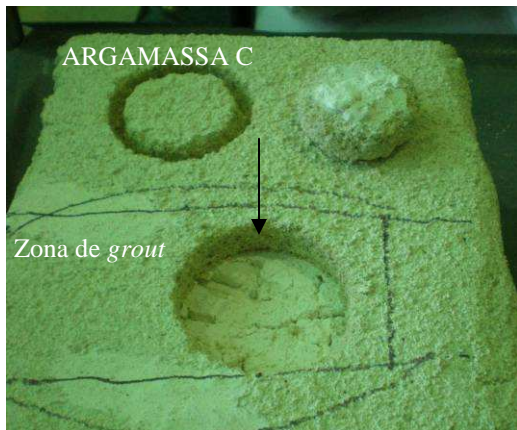


Fig. 5 – Realização de carote no provete com argamassa C; nota-se o carote partido, zonas de vazios e fissuras.



Fig. 6 – Ensaio de módulo de elasticidade.

## 4. SÍNTESE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os ensaios foram realizados após noventa dias de cura. Apresentam-se a seguir os quadros e figuras com os principais resultados obtidos.

### 4.1 Avaliação do comportamento à água

Para verificar o comportamento à água das argamassas de *grout*, foi realizado um ensaio de absorção de água por capilaridade e subsequente secagem sobre os provetes tipo

prismas, confeccionados com a argamassa de *grout*. Apresentam-se nos gráficos 1, 2 e na tabela 2 os principais resultados obtidos<sup>3</sup>

Gráfico 1 – Absorção capilar e secagem das argamassas de *grout*

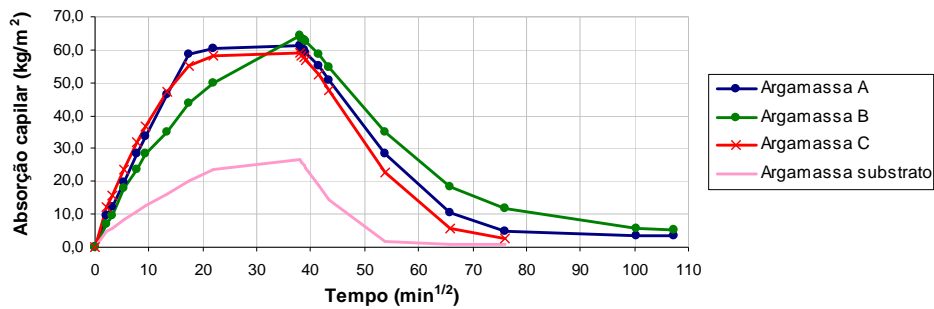


Gráfico 2 - Coeficiente de capilaridade das argamassas de *grout*

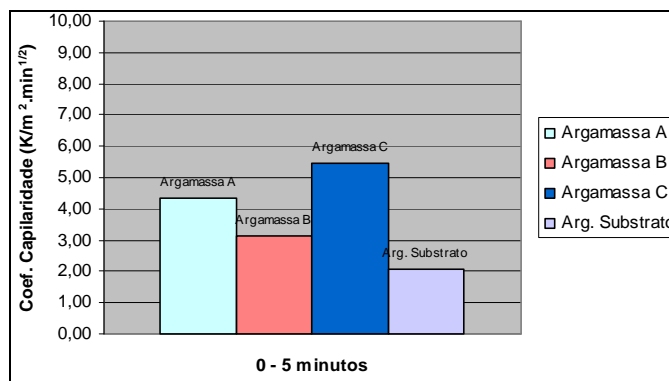


Tabela 2 - Coeficiente de capilaridade

	Argamassa A	Argamassa B	Argamassa C	Argamassa do substrato <sup>4</sup>
Coef.Cap 0-5min (Kg/m <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	4,35	3,15	5,45	2,09
Desvio padrão*	0,02	0,11	0,36	0,14

<sup>3</sup> O coeficiente de capilaridade foi medido no intervalo de tempo de 0 - 5min, embora a Norma EN 1015-18 indique o intervalo de tempo 10-90 min, porque, como se observa no gráfico 1, a relação entre a absorção e a raiz quadrada do tempo deixa de ser linear muito antes dos 90 minutos, pelo que, para este tipo de argamassas não faz sentido o coeficiente de capilaridade entre os 10 e os 90 minutos.

<sup>4</sup> A argamassa do substrato, é uma argamassa recente de cal e areia, traço 1:3; foi a argamassa utilizada para revestimento dos provetes tipo tijolo com simulação de um descolamento.

#### 4.2 Avaliação da resistência mecânica

Para avaliar a resistência mecânica foram efectuados dois tipos de ensaios diferentes, nomeadamente: o *ensaio de resistência à flexão e à compressão*, sobre os provetes constituídos pelas argamassas de *grout* e o *ensaio de aderência (resistência ao arrancamento)*, sobre os provetes com simulação de descolamento entre camadas; sendo este ensaio realizado na zona com *grout* – *um arrancamento* – e na zona sem *grout*, dois arrancamentos. Vale a pena salientar que nos ensaios de aderência nem todos os provetes resistiram à furação com a carotadora, rompendo o carote logo a seguir à primeira furação. Deste modo, a pastilha não foi colada nestes provetes, conseqüentemente o ensaio de arrancamento não foi realizado. Isto aconteceu em todos os provetes com o *grouting* da *argamassa C* e em dois provetes com *grouting* da *argamassa A*. Deste modo, o ensaio foi realizado em três provetes com *argamassa B*, e em um provete com *argamassa A*. Os resultados sintetizam-se nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Avaliação da resistência mecânica – Ensaio de Flexão e Compressão

		Argamassa A	Argamassa B	Argamassa C	Argamassa substrato
Flexão	Valor médio (N/mm <sup>2</sup> )	0,98	1,69	0,41	0,24
	Desvio padrão*	0,07	0,14	0,10	0,04
Compressão	Valor médio (N/mm <sup>2</sup> )	1,64	3,71	0,80	0,62
	Desvio padrão**	0,16	0,51	0,16	0,03

Tabela 4 - Resistência ao arrancamento – Ensaio de Aderência

Argamassa de grout		Argamassa A	Argamassa B Provete 1	Argamassa B Provete 2	Argamassa B Provete 3	Argamassa C
Valores de resistência ao arrancamento (N/mm <sup>2</sup> )	Zona sem grout	0,03 (Rotura coesiva)	0,03 (Rotura coesiva)	0,07 (Rotura coesiva)	0,05 (Rotura coesiva)	Não realizado: rotura durante a furação
	Zona com grout	0,04 (Rotura pelo suporte)	0,04 (Rotura pelo grout)	0,07 (Rotura pelo grout)	0,06 Rotura pelo grout	Não realizado: rotura durante a furação

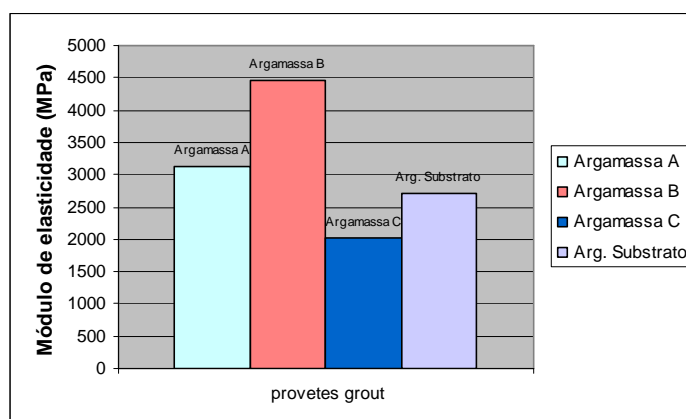
### 4.3 Avaliação da capacidade de deformação da argamassa

Para avaliar a capacidade de deformação da argamassa foi realizado o ensaio de Módulo de elasticidade sobre os provetes tipo prismas confeccionados com a argamassa de *grout*. Apresentam-se na tabela 5 e no gráfico 3 os principais resultados obtidos.

Tabela 5 - Avaliação da capacidade de deformação da argamassa - Ensaio de Módulo de elasticidade

Módulo de elasticidade		Argamassa A	Argamassa B	Argamassa C	Argamassa substrato
	Valor médio (MPa)		3123	4451	2025
Desvio-padrão		162	71	60	8

Gráfico 3 – Módulo de elasticidade das argamassas de *grout*



### 4.4 Avaliação da retracção da argamassa

Para avaliar a retracção das argamassas ensaiadas foram determinados os comprimentos de cada provete (tipo prisma) após secagem, com utilização de uma craveira. Estas dimensões foram comparadas com os comprimentos iniciais do molde, que foi preenchido pelas argamassas de *grout* com comprimento de  $160\pm 0,5$ mm e largura de  $40\pm 0,5$ mm. É de salientar que a retracção é perceptível visualmente, quer no comprimento quer na largura.

Tabela 6 - Avaliação da retracção das argamassa de *grout*

Argamassa de grout	Comprimento	
	Médio	Retracção (%)
Argamassa A	158	1,3
Argamassa B	158	1,3
Argamassa C	151	5,6

## 5. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O estudo para verificar as características e eficácia das argamassas de *grout* usadas para restituir a aderência de revestimentos antigos ainda está em curso, no entanto destacam-se a seguir alguns pontos considerados relevantes durante o estudo:

- Facilidade de injeção: Todas as argamassas se mostraram facilmente injectáveis, aparentemente com boa fluidez. A quantificação deste parâmetro deverá ser feita posteriormente através de um estudo reológico.
- Tempo de presa: Nas *argamassas A e B* às 36 horas foi observado início de presa enquanto que na *argamassa C* a presa deu-se mais tarde, contudo às 48 horas todas as argamassas apresentaram presa. Esta observação foi feita a olho nu. A quantificação deste parâmetro deverá ser feita posteriormente através de ensaios adequados.
- Capilaridade e Secagem: o ensaio de Absorção de água por capilaridade sobre os provetes prismáticos, cujos resultados se ilustram nos gráficos 1 e 2 e na tabela 2, demonstraram que a *argamassa B*, foi a argamassa que sofreu menor absorção capilar no intervalo dos 0 aos 5 minutos. Pela análise dos gráficos da absorção durante as 24 horas verifica-se que esta argamassa, foi a que demorou mais tempo a atingir a saturação, demonstrando um comportamento mais constante na absorção. A *argamassa C* foi a que absorveu maior quantidade de água seguida da *argamassa A*. Estas argamassas possuem um coeficiente de capilaridade maior que a argamassa do substrato ensaiada, assim como dos outros substratos mais antigos que provavelmente serão menos capilares [4]. Verifica-se, através da análise do gráfico 1, que as argamassas de *grout* absorvem maior quantidade de água no mesmo intervalo de tempo, quando comparadas com a argamassa nova de cal do substrato, ensaiada para comparação. Relativamente à secagem, a *argamassa C* teve uma secagem mais rápida quando comparada com as *argamassas A e B*. A secagem ocorreu bastante mais cedo, do que em qualquer uma das argamassas de *grout*.
- Comportamento mecânico: os ensaios de Flexão e Compressão sobre provetes constituídos pelas argamassas de *grout* demonstraram que a *argamassa B* foi a que apresentou uma maior resistência à flexão e à compressão e um módulo de elasticidade mais elevado; sendo, no entanto, os valores obtidos bastantes moderados. Estas argamassas são excessivamente resistentes e rígidas para a argamassa de substrato utilizada, dado que esta é bastante fraca, mas poderão ser adequadas para utilizar entre argamassas de substrato um pouco mais resistentes, como é muitas vezes o caso de argamassa de cal antigas bem carbonatadas. A *argamassa C* obteve os menores valores no ensaio de resistência mecânica e no ensaio de módulo de elasticidade obteve inclusive um resultado inferior ao da argamassa do substrato ensaiado. A *argamassa A* foi a que obteve valores intermédios entre a B e a C para resistência e módulo de elasticidade, como se observa através dos resultados sintetizados na tabela 3 e 5. Estas *argamassas B e C* poderão ser adequadas para consolidação de argamassas antigas muito fracas.



- Aderência: o ensaio de arrancamento demonstrou que todas as argamassas de *grout* possuem uma resistência semelhante à argamassa do substrato (zona sem *grout*) (ver tabela 4). Foi observado que o provete com *grout*, constituído pela *argamassa A*, rompeu pelo *suporte*, o que pode ser considerado negativo, significando que a resistência à tracção do *grout* é superior à força coesiva da argamassa (fig.4); contudo este resultado é ambíguo, pois é de salientar que este ensaio só foi realizado sobre um provete, já que os outros não resistiram à furação com a carotadora rompendo imediatamente. O ensaio de arrancamento não foi realizado sobre a *argamassa C*, pois a argamassa rompeu antes da colagem da pastilha. A *argamassa B* demonstrou uma resistência semelhante à da argamassa do substrato, rompendo pelo *grout* (fig 3), significando que a resistência à tracção do *grout* é inferior à força coesiva da argamassa do substrato, o que pode ser considerado positivo.
- Preenchimento dos vazios: A observação da superfície de rotura no ensaio de aderência mostrou que as *argamassas A e B* preencheram de maneira uniforme os vazios provocados nos provetes desenvolvidos para o efeito. Na *argamassa C* observaram-se vazios e fissuração (fig 5); levando a pensar que esta argamassa não preenche facilmente os vazios por deficiências do seu comportamento reológico. O aspecto pulverulento da superfície de rotura parece também indicar que ela não carbonatou por completo. (Figs 3, 4 e 5).
- Retracção: Na avaliação da retracção verificou-se que a argamassa C foi a que sofreu maior retracção, superior a 5%. As argamassas A e B sofreram retracções idênticas, bastante inferior, próximo do 1%, o que corresponde a cerca de 1/5 do valor obtido para retracção da argamassa C. (tabela 6).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se constatar com este conjunto de ensaios, que a inclusão de um aditivo hidráulico nas argamassas de *grout* é um factor importante para o aumento da hidraulicidade destas argamassas; pois como elas secam no interior da parede, sem a presença de ar, consequentemente a sua carbonatação ocorre lentamente [5]. Isto foi verificado no caso da *argamassa B*, composta por ligante hidráulico, que obteve menor absorção, maior resistência mecânica, menor resistência à deformabilidade e maior retracção. Contudo, a quantidade deste aditivo hidráulico não pode ser demasiada, para não haver um aumento excessivo da resistência mecânica destas argamassas, provocando futuramente outras anomalias na argamassa antiga, como destacamentos e fissuras.

Com estes conjuntos de ensaios pode-se verificar que a *argamassa B* e a *argamassa A* obedecem aos requisitos básicos para uma argamassa de *grout*, sendo possível a sua utilização para restituir a aderência de revestimentos antigos constituídos por cal resistentes e bem carbonatados. A *argamassa C*, mais fraca e deformável, será adequada para consolidar rebocos de menor resistência. No entanto, será necessário assegurar uma carbonatação mais completa, que evite o efeito de pulverulência observado. A escolha dependerá da avaliação sobre as características mecânicas da argamassa a tratar e o grau de anomalia presente no revestimento, nomeadamente: a profundidade, teor de humidade na parede etc.

Pensa-se ainda, que vale a pena continuar este estudo e ensaiar novas argamassas formuladas no âmbito da investigação. Adicionar outros tipos de aditivos para melhorar

diversas características das argamassas, nomeadamente: fluidez, solidificação, penetração e carbonatação. Estudar igualmente a adição de outros tipos de ligantes, de agregados com granulometrias distintas, são factores que estão intrinsecamente ligados às características positivas ou não destas argamassas.

Realizar novos ensaios sobre estas argamassas é um dos nossos objectivos, designadamente: ensaio de reologia, envelhecimento acelerado, porosidade e ainda ensaios *in situ* sobre um revestimento antigo.

Com a continuidade deste estudo pretende-se aprofundar os conhecimentos nesta área e difundi-los pelo meio técnico nacional e internacional, de forma a contribuir para uma melhoria das intervenções de conservação em revestimentos de paredes antigas, através do uso de materiais tradicionais.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a contribuição durante o estudo do Técnico experimentador Bento Sabala, do NRI, no apoio dado a alguns ensaios. Agradecem também a Karina Zajadacz pela troca de informações e bibliografia. Agradece-se ainda o apoio da FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) de Portugal, através do financiamento do Projecto POCI/HEC/57723/2004 com o título "Conservação de rebocos de cal: Melhoria das técnicas e materiais de restauro arquitectónico" (<http://conservarcal.lnec.pt/>).

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] FERRAGNI, D. FORTI, M. MORA; P. et als – *Injection Grouting of mural paintings and mosaics*, in: Congress, Adhesives and Consolidants, Paris, IIC, September 1984.
- [2] ZAJADACZ, Karina - Grouting of architectural surfaces – the challenge of testing, in: International Seminar Theory and Practice in Conservation – a tribute to Cesare Brandi, , Lisboa, LNEC, Maio 2006.p.509 – 516.
- [3] Mora, Paolo, MORA, Laura – *La Conservazione delle pitture murali*; Bologna, Compositrice, 2001, p.256.
- [4] VEIGA, Rosário – *Argamassa de rebocos para paredes de edifícios antigos: Requisitos e características a respeitar*, in: Cadernos de Edifícios, nº 2, Lisboa, LNEC, 2002.,p.50
- [5] GRIFFIN, Isobel - *Pozzolanas as Additives for Grouts – An investigation of their working properties and performance characteristics*, in: Studies Conservation, 49, London, IIC, 2004, p.23-34.