

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil,
Maio de 2007

RESTAURO DA FACHADA EM MARMORITE DE CAL DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, EM LISBOA. MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS

Rosário Veiga (1); Martha Tavares (2); Ana Cristian magalhães (3)

- (1) Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Portugal. rveiga@lnec.pt
(2) Restauradora, Doutoranda em Arquitectura, Estagiaria de Investigação do LNEC, Bolseira FCT; Lisboa, Portugal, marthal@lnec.pt
(3) Engenheira Civil, Doutoranda em Eng^a civil, Bolseira do LNEC; Lisboa, Portugal, acristian@lnec.pt

Restauro da Fachada em Marmorite de cal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Lisboa. Materiais, Métodos e Resultados

RESUMO

O Edifício Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de Lisboa, foi construído em 1950-1952, num estilo modernista tardio conhecido em Portugal por estilo *Estado Novo*, devido ao regime político que então vigorava. Os revestimentos exteriores do Edifício, constituídos por rebocos tradicionais com acabamento de marmorite de cal aérea, mantiveram-se com boa coesão e aderência durante mais de 50 anos, sem intervenções significativas. Em 2006 a Direcção do LNEC decidiu restaurar a fachada do Edifício e, devido à especificidade do trabalho a realizar, nomeou um grupo de investigadores para apoiar os trabalhos. O grupo estudou o revestimento existente e testou os materiais e técnicas a usar, elaborou especificações de caderno de encargos detalhadas, preparou o Programa de concurso e acompanhou a obra.

A obra baseou-se no princípio da mínima intervenção, recorrendo a limpeza, reparações pontuais e operações de consolidação e usando materiais e técnicas tão semelhantes quanto possível aos originais.

As especificações detalhadas, a mão-de-obra especializada empregue e o permanente acompanhamento da obra permitiram um resultado final que se considera bastante bom, preservando a autenticidade da obra e salvaguardando a sua imagem.

Palavras-chave: revestimento de cal; marmorite; restauro; consolidação

1. INTRODUÇÃO

O revestimento exterior das fachadas de um edifício tem uma importância fundamental na sua imagem e, assim, na sua identidade. O Edifício Principal do LNEC – edifício Arantes e Oliveira – tem mais de 50 anos de idade e as suas fachadas conservam o revestimento original de marmorite, representativo de uma técnica característica da época da sua construção (figs. 1 e 2). No entanto, o envelhecimento natural decorrente da exposição às acções climáticas e de poluição originou, nos últimos anos, alguma degradação, quer de aspecto quer dos próprios materiais, que se julgou necessário travar.

O interesse da técnica usada, a forte identidade do edifício e a durabilidade e relativa boa conservação do revestimento, justificaram a opção por uma intervenção cuidada, respeitando os princípios gerais da conservação, abrangendo: o estudo e registo do existente; a limpeza e conservação de toda a área em que tal se verificou viável; o restauro das áreas mais degradadas usando técnicas e materiais previamente estudados e testados; a substituição das áreas com degradação pronunciada, nomeadamente com perda de material ou com degradação do betão de suporte.

Este tipo de intervenção implicou a realização de um estudo para fundamentar a elaboração de especificações de caderno de encargos para esses trabalhos e apoiar o lançamento do concurso e o acompanhamento da obra. O estudo foi realizado por uma equipa de investigadores especializados nas diversas áreas abrangidas e contou ainda com a colaboração de outros investigadores e técnicos. O facto de se tratar da fachada do Edifício Principal do LNEC constituiu, naturalmente, um estímulo e um motivo adicional de entusiasmo para o empenho de todos quantos trabalham na Instituição.

2. BREVE HISTÓRIA DO EDIFÍCIO

A consulta do projecto original, constante dos arquivos do LNEC e da base de dados digitalizada da Direcção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN) permitiu obter alguns dados históricos relativos à construção do Edifício Principal do LNEC (actualmente designado edifício Arantes e Oliveira).

O Edifício, de um monumentalismo sóbrio, tem projecto de arquitectura dos Arquitectos Porfírio Pardal Monteiro (1897-1957) e António Pardal Monteiro, aprovado em 1949. O projecto de estruturas foi do Eng^o Pedro Pardal Monteiro. O seu estilo modernista tardio – em Portugal conhecido por estilo *Estado Novo* – é típico da época e o conhecido arquitecto Porfírio Pardal Monteiro foi um dos seus expoentes máximos.

O Edifício foi construído entre Dezembro de 1950 e Dezembro de 1952, inicialmente pela empresa Ruy Miller, Lda. e depois pela empresa Artur Fernandes Alves Ribeiro, que realizou a quase totalidade dos trabalhos.

Durante os seus 54 anos de vida o Edifício foi sujeito a algumas intervenções, nomeadamente para ampliação de espaços e pequenas reparações. Em 1961 foi objecto de acções de manutenção da fachada, que não incluíram acções sobre a marmorite, com excepção de limpeza por escovagem com escova de aço em área muito restrita (cerca de 100 m²).

3. REVESTIMENTOS DE PAREDES DO EDIFÍCIO

3.1 Descrição geral

O Edifício tem estrutura de betão armado e paredes exteriores de preenchimento em alvenaria de tijolo, geralmente de pano duplo.

O revestimento exterior da maior parte da fachada é constituído por um reboco de cimento de cor cinzenta, com espessura variável da ordem de 20 mm, com acabamento constituído por uma camada de marmorite de cor branca, com cerca de 7 a 8 mm de espessura, perfeitamente distinta da camada de reboco. Esta camada de marmorite, de grão fino e textura homogénea (fig. 2), destinava-se, provavelmente, a simular a pedra calcária que ornamentava outras áreas da fachada - socos, zonas ladeando escadas, etc. - e mantém-se a original, com excepção das áreas abrangidas por intervenções, destinadas a ampliar instalações ou a alterar vãos.

A marmorite é um acabamento frequente em Portugal em edifícios do período que vai de 1950 a final da década de 1970, principalmente nas zonas de Lisboa, distritos a Norte e a Sul do Tejo e Algarve. Consiste numa argamassa de revestimento não pintada, em que o efeito decorativo é dado pelo agregado à vista que é seleccionado – cor, dimensão e forma – para conferir o aspecto pretendido e é adicionado ao ligante da argamassa em vez da vulgar areia. Esta argamassa é bem apertada contra o suporte e, no início do endurecimento, é lavada de modo a deixar à vista o agregado. Esta técnica pressupõe uma argamassa rica em ligante, para não haver desprendimento do agregado, e um apuramento da técnica de lavagem e de cura para que o aspecto final seja homogéneo e sem fissuras.

Pensou-se inicialmente que a marmorite era de cimento e que teria sido realizada de acordo com a Especificação LNEC E 5, de 1952 [1], sendo a cor do ligante devida ao uso de cimento branco. Com efeito, o Edifício data da década de 50 do século XX e nele foi bastante usado o cimento, já que possui estrutura de betão e reboco de cimento; além disso a data da referida Especificação LNEC, que descreve pormenorizadamente a constituição e execução de acabamentos de marmorite de cimento para paredes e pisos, conjuga-se facilmente com a data da aplicação dos acabamentos no edifício.

Contudo, os ensaios realizados sobre algumas amostras recolhidas, que incluíram análise química, mineralógica, microestrutural e petrográfica, demonstraram que este acabamento é de cal aérea, com pó de pedra calcária e agregado calcário, sem vestígios de ligantes hidráulicos [2].

Assim, o acabamento de marmorite, com a cal aérea como único ligante, reveste o edifício há mais de

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maior de 2007

50 anos, sem intervenções significativas de reparação, mantendo-se em estado de conservação razoável, nomeadamente com boa coesão e aderência na quase totalidade da superfície. Este acabamento constitui mais um exemplo da durabilidade potencial dos revestimentos de cal aérea, desde que os materiais utilizados e a técnica de execução sejam apropriados.

Em grande parte da área da fachada a marmorite encontra-se dividida em painéis de esquadramento com dimensões da ordem de 0,70 m x 0,70 m, com juntas cuidadosamente acabadas com uma pasta de cal branca adicionada de pó de pedra. Nas zonas superiores das fachadas, a marmorite foi aplicada sem esquadramento, sob a forma de revestimento contínuo.

Em toda a área revestida, o material e a técnica originais são muito cuidados, permitindo um acabamento esteticamente irrepreensível, sóbrio e discreto, ao gosto da época mas ainda hoje de grande dignidade.



Fig. 1 – Aspecto da entrada da fachada do LNEC

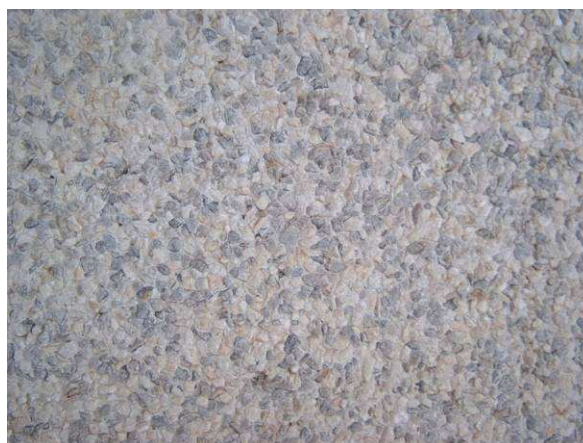


Fig. 2 – Textura da marmorite original

3.2 Composição e caracterização da marmorite

Em qualquer intervenção de conservação é essencial o conhecimento tão completo quanto possível dos elementos antigos. A originalidade e a relativa raridade do acabamento de marmorite, bem como a sua importância para a identidade do Edifício, tornam ainda mais evidente a necessidade de determinar a sua composição e de a caracterizar do ponto de vista físico.

Foram analisadas amostras do acabamento de marmorite da fachada Sul, obtidas a partir de elementos extraídos em obras de intervenção em curso em Outubro de 2005, destinadas à abertura de duas janelas, numa extremidade da fachada Sul.

a) Composição

Os ensaios realizados permitiram estabelecer a composição do revestimento de marmorite, apurando-se que o material é constituído essencialmente por calcite (cerca de 95% em massa), uma pequena proporção de quartzo e vestígios de hematite. Esta composição, associada à micromorfologia observada, indica que se trata de um revestimento de cal aérea com agregado calcário. O quartzo e os vestígios de ferro poderão ser impurezas da cal, ou contaminantes da argamassa. Os teores de álcalis e de sílica solúvel determinados são muito baixos, indicando a inexistência de ligantes hidráulicos. Identificou-se ainda uma ligeira contaminação de sulfatos pelo ambiente exterior e alguma degradação superficial, de origem química (relacionada com a poluição atmosférica) e microbiológica [2]. A dosagem aproximada ligante : agregado, em massa, é da ordem de 1 : 1.

O agregado utilizado apresenta grãos subangulosos e uma granulometria que se ilustra na fig. 3, com predominância da fracção 1,25 a 2,5 mm.

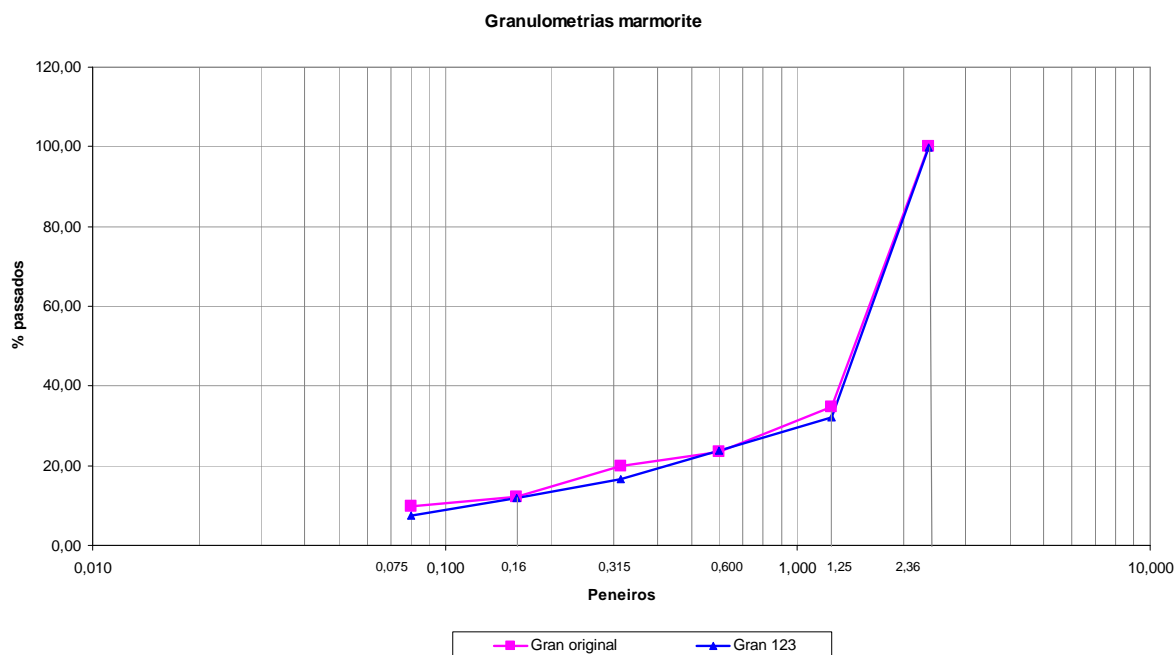


Fig. 3 – Curva granulométrica do agregado da marmorite original e da mistura de agregado proposta

b) Caracterização física

Os ensaios físicos revelaram as características compiladas no quadro 1 e ilustradas nas figuras 4 e 5, determinadas segundo os documentos normativos ou bibliográficos indicados no próprio quadro.

Estes resultados revelam uma argamassa muito compacta (reduzida porosidade aberta), com máximo volume de mercúrio introduzido correspondente ao intervalo de poros com raios entre 0,1 e 1 μm e estrutura porosa bimodal com picos em cerca de 0,02 μm e cerca de 0,5 μm , embora com predominância clara deste último raio de poro (fig. 4).

Os dois picos de poros podem considerar-se na gama dos poros capilares [5], contribuindo, portanto, para a absorção de água por capilaridade e para a transferência de humidade na fase de vapor (permeabilidade ao vapor de água). Quando comparada a estrutura porosimétrica desta argamassa com outras argamassas de cal [6 a 9] verifica-se que a argamassa de marmorite tem uma percentagem de poros de menor raio em relação a outras argamassas de cal estudadas, o que permite explicar a absorção de água relativamente lenta, ou seja o coeficiente de capilaridade mais reduzido do que seria expectável numa argamassa de cal.

Como é habitual nas argamassas de cal aérea, a secagem é rápida, o que se justifica também pela distribuição porosimétrica, com predominância dos poros com raios na gama capilar.

Quadro 1 – Características físicas das amostras de marmorite

Massa volúmica aparente (MVA) [3]	Massa volúmica real (MVR) [3]	Porosidade aberta *[3]	Estrutura porosimétrica [3]	Absorção de água por capilaridade [4]	
				Coeficiente de capilaridade por contacto ($\text{kg}/\text{m}^2\text{min}^{1/2}$)	Absorção às 24 h (kg/m^2)
2330	2640	12%	Estrutura bimodal com picos em 0,02 e 0,5 μm ; predominância dos poros com raio médio de 0,5 μm .	Cc5=0,48 Cc(90-10)=0,16	4,29

* Porosidade = $[1 - (\text{MVA}/\text{MVR})] * 100$; Cc5 – Coeficiente de capilaridade por contacto aos 5 minutos de imersão parcial; Cc(90-10) – Coeficiente de capilaridade por contacto entre os 10 e os 90 minutos.

Curvas de distribuição

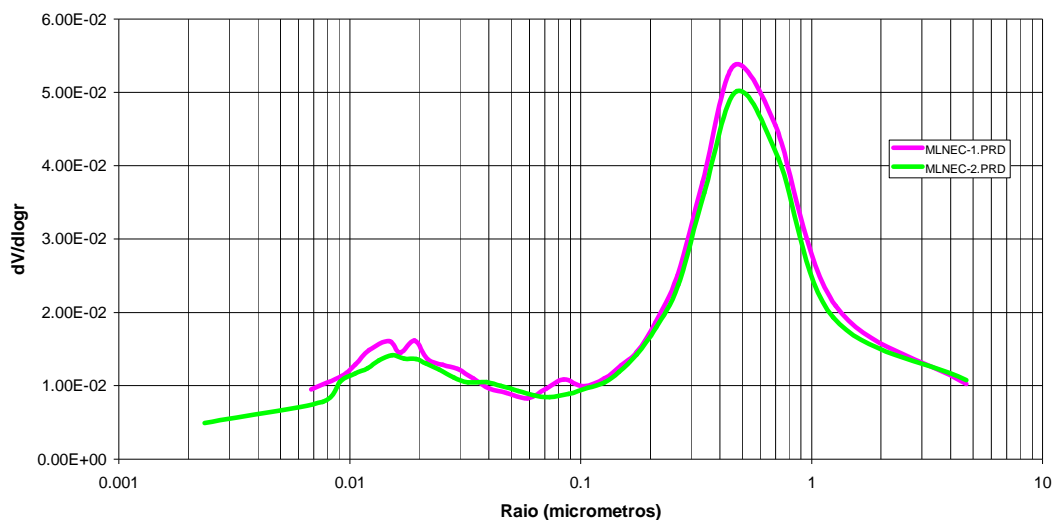


Fig. 4 – Estrutura porosimétrica das amostras de marmorite: curvas de distribuição do raio de poros

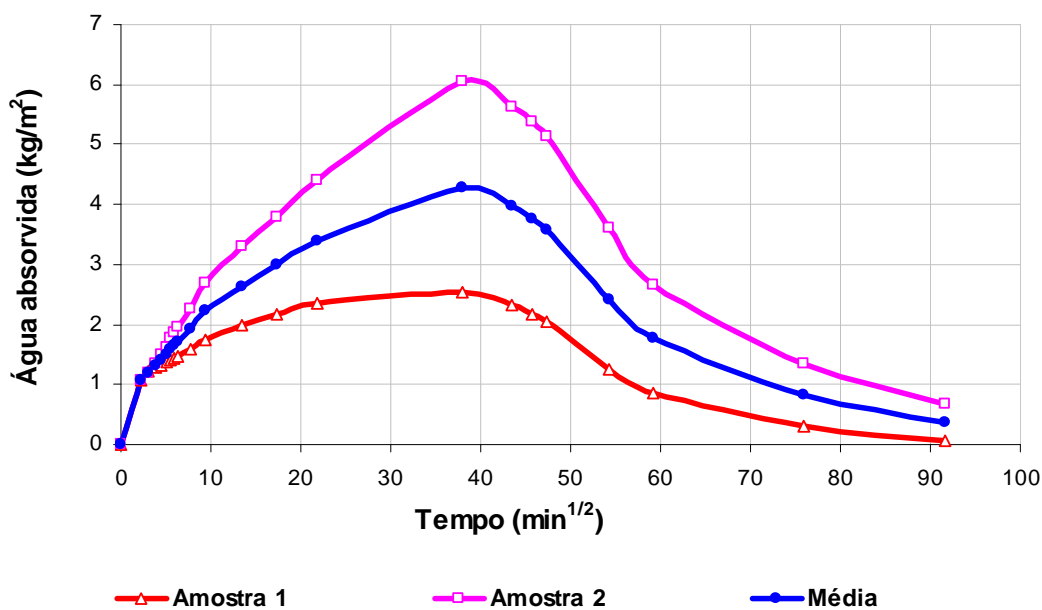


Fig. 5 – Comportamento à água da marmorite: absorção e secagem

3.3 Técnica de execução da marmorite

Existem algumas especificações para execução da marmorite de cimento [1, 10], e, embora seja uma técnica já pouco utilizada, foi possível encontrar ainda antigos marmoristas capazes de realizar este tipo de trabalho. No entanto, não se encontraram nenhuns elementos relativos à aplicação desta técnica com argamassas de cal aérea. Este ligante tem um endurecimento muito mais lento que o cimento e tem ainda a particularidade de endurecer do exterior para o interior, por combinação do hidróxido de cálcio com o dióxido de carbono da atmosfera, especificidades que dificultam a execução da técnica, já que a lavagem tenderá a arrastar o ligante em profundidade e a remover o agregado.

No entanto, após entrevistar vários marmoristas antigos conhecedores da aplicação da técnica em

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maio de 2007

argamassas de cimento, foi pedido a um que tentasse aplicar a técnica com uma argamassa de cal aérea. As aplicações experimentais realizadas pelo marmorista (Sr. Figueiredo) num murete da Estação de Ensaio Natural de Revestimentos de Paredes do LNEC, em 2006-01-26 (figs. 6 e 7), permitiram apurar uma técnica de execução que foi depois aplicada na obra pelo marmorista contratado pela empresa construtora: i) amassadura dos constituintes secos da argamassa de cal aérea (cal aérea apagada em pó, agregado calcário branco e cinzento claro e pó de calcário branco) até atingir uma boa homogeneização; ii) adição da quantidade mínima de água necessária para obter a trabalhabilidade suficiente à aplicação, tendo em conta que a argamassa deve ficar bastante consistente, embora trabalhável; iii) marcação das juntas de esquadramento com régua de madeira; iv) execução das mestras com a espessura prevista para o revestimento; v) aplicação da camada de marmorite bem apertada contra o suporte e desempenada com talocha mas sem excessivas passagens, que possam fazer refluir a leitança de ligante à superfície; vi) repetição do aperto após alguma secagem (cerca de 1 hora de secagem), para fechar pequenas fissuras de retracção; vii) depois da repetição do aperto, num estado ainda semi-plástico, lavagem com escova de cerdas macias e água, suavemente, de modo a remover o ligante até à profundidade desejada e a deixar à vista os agregados, sem os arrastar nem arrancar; viii) após 7 dias de secagem, regularização das juntas de esquadramento com massa de cal aérea e pó de pedra. (figs. 6 e 7)



Fig. 6 – Aplicações experimentais de marmorite



Fig. 7 – Pormenor da textura obtida

4. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE FACHADA

4.1 Descrição geral do estado de conservação

O revestimento de marmorite encontra-se, de um modo geral, em estado razoável de conservação, apesar de não ter sido objecto de obras significativas de recuperação desde a sua execução, há mais de 50 anos.

As anomalias existentes consistem, fundamentalmente, em: manchas de sujidade, colonização biológica, fendilhação, fissuração, perda de aderência (descolamentos, abaulamentos, destacamentos), perda de coesão e erosão (figs. 8 a 13)

A falta de manutenção periódica parece ser a causa principal dos defeitos mais graves em algumas zonas das fachadas do edifício. A poluição e a acção da chuva são também causas de algumas anomalias.

Foi realizado um levantamento, tão detalhado quanto possível, das anomalias visíveis na fachada, que foi registado nos alçados e que se exemplifica num na figura 14.

4.2 Descrição das principais anomalias

- *Manchas*

As manchas são as anomalias que maior impacto visual apresentam nas fachadas, prejudicando fortemente o aspecto estético do edifício. De um modo geral devem-se a sujidades, principalmente causadas por escorrimentos de água da chuva, por depósitos de poluição e por crostas negras (fig.8).

As manchas de escorrimento da água da chuva aparecem de forma generalizada sobretudo nas zonas inferiores dos elementos salientes que compõem as fachadas e nas áreas sob as janelas. Nestes mesmos elementos as manchas escuras manifestam-se ainda sob a forma de crostas negras resultantes da formação de sulfato de cálcio por reacção com o carbonato de cálcio do revestimento do dióxido de enxofre proveniente da poluição do ar e dissolvido na água da chuva.

Nalgumas zonas do edifício, para além das manchas referidas, observam-se ainda zonas com um escurecimento relativamente homogéneo do material de revestimento, constituindo o que se pode considerar uma pátina.

- *Colonização biológica*

Em grande parte dos elementos salientes das fachadas observam-se manchas negras resultantes de colonização biológica por fungos e bactérias (fig. 9), particularmente visíveis na Fachada Principal e em menor grau nas Fachadas Poente e Nascente. Verificou-se durante a obra que a colonização biológica não se reduzia às manchas mais visíveis, mas se estendia a toda a superfície, dando-lhe um tom acinzentado, devido quer à presença dos micro-organismos quer ao ataque dos produtos químicos que produzem.

A ocorrência desta anomalia está certamente relacionada com as condicionantes físico-químicas do material de revestimento (pH alcalino, humidade, iluminação, etc.) e principalmente com as condições ambientais a que está sujeito o edifício. Com efeito, este encontra-se situado numa região de grande actividade humana, industrial e urbana (tráfego), onde é libertada na atmosfera diariamente grande quantidade de poluentes (dióxido de enxofre, óxido de azoto, derivados do petróleo, etc.). Estes poluentes, para além de originarem a formação de crostas negras, quando em presença de humidade favorecem o crescimento e a proliferação de diversos microorganismos nos revestimentos das fachadas.



Fig. 8 – Manchas de sujidade e crosta negra



Fig. 9 – Colonização biológica



Fig. 10 – Micro-fissuração



Fig. 11 – Fissuração

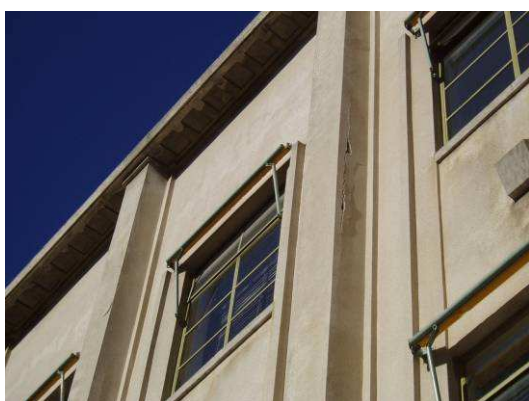
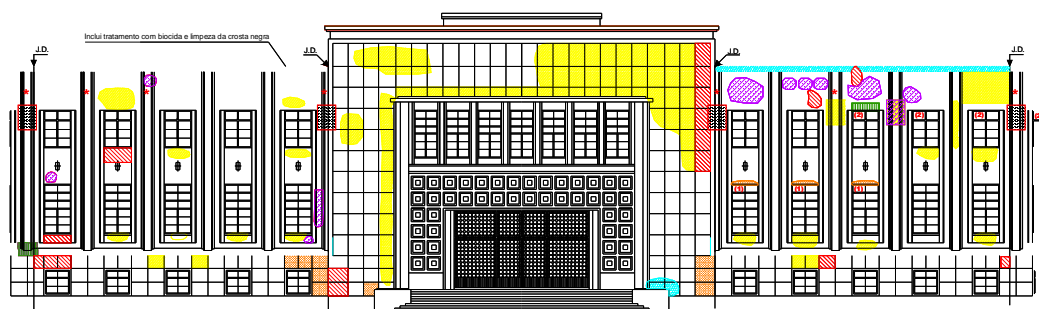


Fig. 12 – Fenda e empolamento devida a corrosão de armaduras



Fig. 13 – Fissuração e perda de coesão



- * - Corrosão de armaduras
 - ▨ - Mau funcionamento das juntas
 - ▤ - Colonização biológica, crosta negra
 - ▥ - Manchas de sujidade
 - ▧ - Descolamentos e abaulamentos, deficiência de coesão superficial
 - ▩ - Microfissuras
 - - Fendas de baixa densidade e fissuras
 - - Lacunas de pequenas dimensões
 - ▬ - Degradação elevada: fendas, lacunas, perda de coesão e erosão acentuada
- (1) - Elementos de betão degradados
 (2) - Arestas com pequenos defeitos

Fig. 14– Mapeamento e registo das anomalias em parte da fachada Sul

- Fendilhação e fissuração¹

Nas fachadas do Edifício é possível observar fendas e fissuras, com densidades diversificadas, originando diferentes graus de degradação: reduzido, médio e elevado.

As fendas e fissuras com baixa densidade, que aparecem pontualmente sobre o pano da fachada ou sobre elementos que a compõem originam um grau de degradação reduzido.

As fissuras de pequena largura (microfissuras), formando um rendilhado superficial sobre os revestimentos de marmorite (fig. 10), mas que aparecem de forma generalizada nalgumas zonas da fachada, conduzem a um grau médio de degradação. Essas microfissuras não têm orientação definida e aparecem sobretudo na Fachada Sul, verificando-se uma menor incidência nas fachadas voltadas a Poente e a Nascente. Apontam-se como principais origens deste tipo de anomalia a retracção restringida do revestimento nas primeiras idades após a sua execução e as tensões originadas pelos diferentes coeficientes de dilatação térmica e higrométrica entre o revestimento e o suporte.

Nas fachadas do edifício observam-se ainda outras fendas e fissuras resultantes da retracção restringida mas também da concentração de tensões em certos pontos, que se considera conduzirem a um grau de degradação médio (fig. 11): fendas sem orientação definida de maior abertura, fendas verticais que se desenvolvem a partir dos ângulos dos vãos, fendas próximas das juntas de dilatação, etc.

Finalmente, há um largo conjunto de fendas que se verificou serem consequência da corrosão de armaduras de betão armado da estrutura subjacente e que resultam num grau de degradação elevado (fig. 12): fendas verticais nos pilares, fendas horizontais que se desenvolvem em zonas próximas da moldura de algumas janelas e sob os vãos das janelas.

- Perda de aderência

Nalgumas zonas do edifício verifica-se a existência de zonas de revestimento com perda de aderência que se manifesta em três fases distintas: descolamento (afastamento do revestimento ao suporte), abaulamento (convexidades na superfície do revestimento) ou destacamento (separação definitiva do revestimento do suporte) (fig. 12) Estes destacamentos dão origem a lacunas no revestimento.

Sobretudo nos pilares a perda de aderência entre o revestimento e o suporte encontra-se acompanhada de fendas. Nestes casos, a principal causa é a corrosão de armaduras com a consequente acumulação de sais expansivos nessas zonas².

Os movimentos diferenciais entre o suporte e o revestimento, nomeadamente as deformações numa mesma direcção mas em sentidos opostos, podem terminar por provocar a rotura por corte da ligação entre os mesmos e, portanto, o descolamento do reboco. O abaulamento tem como principal causa a presença prolongada de água no suporte, que pode ter como consequência a cristalização de sais expansivos existentes no reboco.

- Perda de coesão

A perda de coesão consiste na desunião dos componentes do reboco seguida por uma considerável perda das partículas que o compõem, convertendo-o num material frágil e susceptível à degradação.

No edifício em estudo, as causas mais prováveis deste tipo de anomalia podem estar relacionadas com

¹ Neste trabalho, as fendas distinguem-se das fissuras por serem descontinuidades longitudinais profundas, que atravessam a totalidade da espessura do revestimento de marmorite, chegando a rompê-lo, enquanto as fissuras são descontinuidades mais estreitas que afectam somente a parte superficial do revestimento.

² Verificou-se no início da obra, quando a colocação de andaimes permitiu uma observação mais de perto destas zonas, que as perdas de aderência nas zonas com corrosão de armaduras se davam entre o recobrimento de betão e a armadura, ou entre o reboco de cimento e o betão, não estando, portanto, relacionadas com a marmorite, embora se reflectissem nela.

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maio de 2007

as características dos materiais que constituem o revestimento, nomeadamente a sua dureza superficial, a união entre as suas partículas constituintes e as reacções químicas e físicas que podem afectar essas características.

Em alguns casos a perda de coesão (fig. 13) deriva provavelmente das infiltrações de água da chuva que vão provocando a dissolução do ligante do revestimento de marmorite.

- Erosão

Esta anomalia aparece de forma muito pontual nas fachadas em estudo, tendo maior incidência em zonas onde a estrutura porosa do revestimento provavelmente se encontra mais débil.

Observa-se este tipo de anomalia mais acentuadamente nas zonas inferiores das paredes, nos locais mais susceptíveis à acção de agentes mecânicos (pessoas, máquinas ou outros objectos), onde se observam partes do revestimento parcial ou completamente desgastadas e onde é visível a perda de material, ou, noutros casos, apenas a alteração da superfície do revestimento com modificação do seu aspecto ou textura superficial.

Nalgumas áreas superiores da fachada observam-se zonas pontuais do revestimento com erosão tendo como provável causa a acção dos agentes atmosféricos (vento, chuva, variações de temperatura) sobre a superfície do material.

5. METODOLOGIA DE RESTAURO

5.1 Princípios orientadores para a conservação e o restauro

Pretendeu-se que a intervenção a realizar se orientasse pelo princípio da máxima conservação, reduzindo as remoções e substituições do acabamento original e mesmo as operações sobre ele ao mínimo indispensável.

Para a execução da obra foi produzido um caderno de encargos onde estavam definidas a metodologia de conservação e as técnicas para o restauro da marmorite. Esta metodologia foi preconizada seguindo alguns princípios orientadores:

- Conservação da autenticidade do edifício - evitar ao máximo a substituição do revestimento original e optar pela mínima intervenção.
- Respeito pelo princípio da compatibilidade - uso de materiais compatíveis com o original garantindo um comportamento homogéneo no tempo.
- Respeito pelo funcionamento original dos revestimentos, não modificando as suas características, o que implica usar materiais idênticos e não alterar a técnica construtiva.
- Manutenção das intervenções de restauro anteriores que se encontravam em bom estado de conservação, removendo apenas aquelas que afectavam o funcionamento do revestimento original.
- Realização de intervenções sempre justificadas por critérios técnicos, pedagógicos ou estéticos, a fim de se evitarem falsificações.
- Execução de limpeza a um nível suficiente para reduzir o impacte visual das manchas a um grau considerado aceitável, mas sem atingir o revestimento original, respeitando pátinas antigas, evitando remoção de partículas de agregados ou argamassa e evitando a saturação com água da camada de marmorite.
- O objectivo do tratamento das lacunas (perda do revestimento) era o de recuperar a imagem através do princípio da continuidade figurativa. A obturação das lacunas deveria ficar ao mesmo nível do revestimento, sendo apresentada com cor e textura semelhante ao original.
- A intervenção de restauro deveria ser realizada por profissionais capacitados e especializados na área da conservação e restauro.

5.2 Técnicas de reparação recomendadas

As técnicas de reparação e restauro recomendadas no caderno de encargos foram: i) Pré-consolidação; ii) Aplicação de biocida; iii) Limpeza; iv) Consolidação de zonas com falta de aderência ou de coesão, fissuras, fendas e lacunas (zona de degradação reduzida e média); v) Extração de painéis com degradação elevada e execução de novos painéis; vi) Homogeneização cromática através de uma pátina artificial.

Propuseram-se materiais com base em cal aérea, pó de pedra, agregado calcário e pigmentos naturais, que foram especificados tão detalhadamente quanto possível no caderno de encargos.

Foi realizado um mapeamento dos trabalhos de reparação sobre os alçados, com base no mapeamento das anomalias já executado (fig. 15)

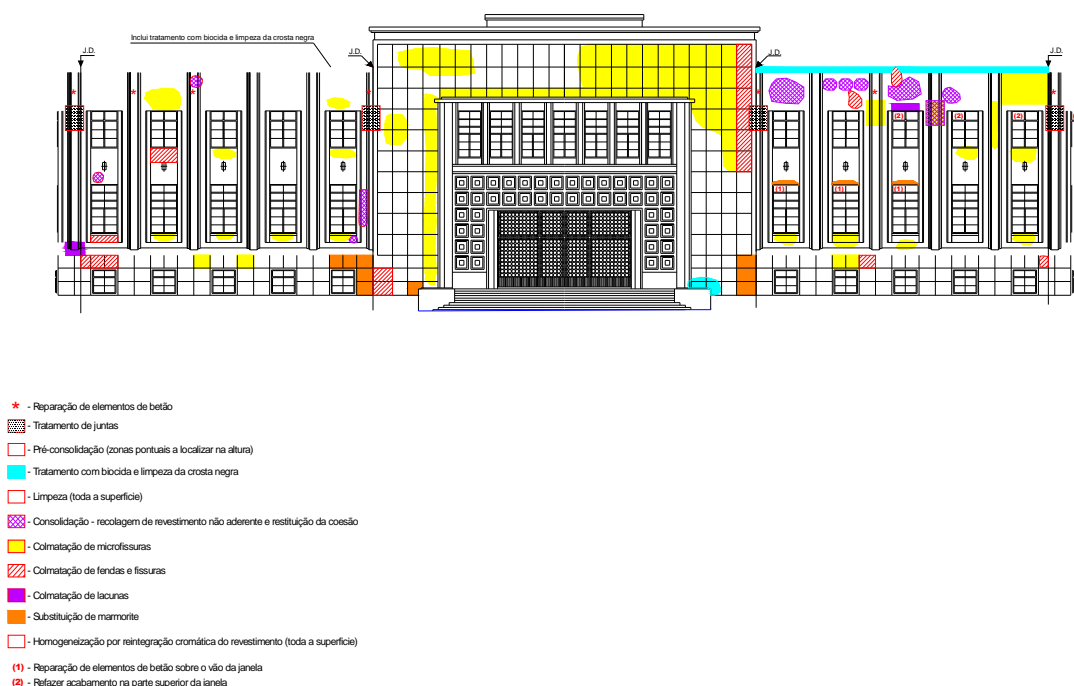


Fig. 15 – Mapeamento e registo das anomalias em parte da fachada Sul

5.3 Trabalhos realizados

5.3.1 Aplicação de biocida

Foi realizado um tratamento com biocida sobre as zonas infestadas por colonização biológica, baseado em quaternários de amónio. Foi aplicado por aspersão como curativo antes da limpeza e, dez dias depois, tendo-se verificado visualmente a alteração cromática, foi iniciada a limpeza. Após a conclusão dos trabalhos, em locais previamente seleccionados, o biocida foi novamente aplicado como tratamento preventivo (inibidor).

Após a remoção dos microorganismos verificou-se a persistência de manchas enegrecidas em alguns locais. Estas manchas (torre, alguns pilares e zonas da fachada principal) foram identificadas como melanina produzida pelos micro-organismos. Foi decidido em conjunto com a equipa de fiscalização que a clareação destas manchas não era viável, nos prazos e com o orçamento disponível.

5.3.2 Limpeza

Para remoção das crostas negras, colonizações biológicas e sujidades generalizadas foram realizadas dois tipos de limpeza: por via húmida e a seco (figs. 16 e 17).

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maior de 2007

Limpeza húmida - Com jacto de água a baixa pressão – 50 bar para a remoção de sujidades generalizadas e 70 bar, com uma inclinação de 45° e uma distância de 15 a 30 cm, para remoção das crostas negras e das infestações de origem biológica mais intensas. Verificou-se que esta pressão não afectava a integridade física da marmorite.

Limpeza a seco - Por micro-abrasão, nas zonas onde persistiram as manchas escurecidas e alguma infestação de origem biológica. A pressão de saída do ar utilizada foi de 1 a 2 bar, variável consoante o suporte e o tipo de incrustação a remover. O abrasivo escolhido foi a farinha de sílica.

5.3.3 Tratamento das zonas com corrosão de armaduras

Verificou-se que os elementos de betão armado das fachadas – pilares e vigas – apresentavam corrosão de armaduras bastante extensiva, devido aos recobrimentos de betão insuficientes e, por vezes, quase inexistentes.

Os trabalhos a executar compreenderam as seguintes fases: extracção do revestimento; preparação do suporte de betão; limpeza do betão e da armadura; reposição da armadura; reposição da secção de betão; aplicação de revestimento com uma argamassa de reparação e, finalmente, execução de novo acabamento de marmorite (figs. 18 e 19).

5.3.4 Colmatação de fendas, fissuras e lacunas

O preenchimento das fendas, fissuras, microfissuras, pequenas lacunas e zonas com erosão, foi realizado com argamassa de cal aérea compatível com o revestimento original. Para isto foram realizados mais de vinte ensaios, para a escolha da argamassa que melhor se adaptasse ao revestimento original. As fachadas não apresentavam um cromatismo único ao longo da sua superfície. A aplicação foi realizada com pequenas espátulas e o nivelamento feito com esponja húmida. Nas zonas com falta de erosão a aplicação foi feita com pincel (fig. 20).

Traço escolhido (proporções em volume): 2 cal aérea hidratada : 1 pó de pedra branco (lioz) : 1,5 pó de pedra cinza : 1,5 carbonato de cálcio : 0,5% de pigmento terra siena : 0,5% pigmento sombra natural.

A colmatação de grandes lacunas (zonas de remoção da marmorite original devido a corrosão das armaduras) foi realizada com a argamassa para execução das marmorites de substituição.

5.3.5 Restituição da aderência (recolagens)

Nas zonas de *bolsas* onde a marmorite apresentava falta de aderência, antes da limpeza foi realizada uma pré-consolidação com injeções de *grout*, com argamassa PLM A (CTS) – com base em cal aérea com componentes hidráulicos (fig. 21).

5.3.6 Restituição da coesão

As zonas com falta de coesão foram consolidadas com doze aplicações de água de cal, que foi preparada em obra através da diluição de cal apagada há seis anos. Foi utilizada 1 parte de cal em pasta para 6 de água. A diluição repousou durante 24 horas. Foi retirada a água rica em iões de cálcio e a aplicação foi efectuada por aspersão de manhã cedo ou ao final do dia (fig. 22).

5.3.6. Execução das marmorites de substituição

Foi necessário executar marmorites de substituição em três tipos de situação: i) zonas em que a marmorite original se encontrava muito degradada, nomeadamente com falta de coesão acentuada. Estas zonas foram em número muito reduzido; ii) zonas de intervenções recentes, em que a marmorite já tinha sido substituída por argamassa de cimento; iii) zonas em que a corrosão de armaduras obrigou à remoção do revestimento para tratamento do betão. Estas zonas foram em grande número, dando origem a múltiplos “remendos”, de recorte irregular, que se recebeu criarem dificuldades de homogeneização (figs. 18 e 19).

Uma das tarefas mais difíceis da obra foi a escolha de uma mistura de agregados idêntica à original. Principalmente o agregado de cor cinzenta clara no tom exacto obrigou a um grande número de experiências, o mesmo se passando com as proporções relativas dos vários tons de agregado.

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maio de 2007

Finalmente acabou por se encontrar uma mistura que resultou muito semelhante (figs. 25 e 26)

Foram identificadas as cores da marmorite antiga e a marmorite nova foi executada com cor, textura e composição semelhante à original. A argamassa da marmorite nova foi composta por: cal aérea, carbonato de cálcio, e os seguintes agregados: *azul Maceira* cinza claro; *Lioz* branco; *Azul Maceira* claro e pigmento terra, num traço 1 cal hidratada : 1 pó de pedra : 2 agregado, em volume e uma proporção de pigmento de 300 g para 20 l de cal em pó.

5.3.7. Reintegração cromática

As velaturas ou a reintegração cromática foram realizadas nas zonas de colmatação de fissuras ou de lacunas, onde foi aplicada a marmorite nova e sobre zonas com diferenças cromáticas ou zonas de lixiviação nos painéis de marmorite antigo.

Esta etapa foi realizada por pessoal especializado em restauro de pintura mural com a aplicação das técnicas utilizadas nesta área disciplinar. A velatura foi feita com água de cal e pigmentos inorgânicos, sendo utilizados: pigmento *preto Roma*; pigmento *terra sombra* e pigmento *terra de siena*.

A aplicação foi feita com pincel, aspersão, ou esponjas dependendo da zona e do problema apresentado. As técnicas usadas foram o *ilusionismo*, o *pontilhismo*, ou o *trattegio*, dependendo do que foi considerado mais conveniente em cada caso pela equipa de restauro, tendo em conta a textura do acabamento e a definição estética da obra (fig. 23).

5.4 Resultado final

O resultado final é uma fachada sem fissuras, sem manchas acentuadas, integrada e coesa. Como seria de esperar é possível distinguir as zonas de marmorite nova e mesmo algumas das lacunas e das fendas colmatadas, mas apenas a um segundo olhar e de forma suavizada. A história do revestimento permanece gravada e pode ser lida por um olhar treinado e atento, mas não produz um impacto forte e destruturante no público normal (figs. 27 e 28).



Fig. 16 – Limpeza com jacto de água a baixa pressão



Fig. 17 – Limpeza com micro-abrasivo



Fig. 18 – Tratamento de betão implicando remoção de revestimento



Fig. 19 – Marmorite de substituição



Fig. 20 – Colmatação de fissuras



Fig. 21 – Consolidação da falta de aderência da marmorite



Fig. 22 – Consolidação da falta de coesão



Fig. 23 – Reintegração cromática através do pontilhos



Fig. 25 – Seleção dos agregados para execução da marmorite



Fig. 26 – Amostras de marmorite com diferentes misturas de agregados



Fig. 27 – Aspecto final da entrada Principal (Fachada Sul)



Fig. 28 – Pormenor de zona da Fachada Sul

6. CONCLUSÕES

Foi surpreendente verificar que os acabamentos de marmorite da fachada do Edifício Principal do LNEC, em Lisboa, são constituídos quase totalmente por carbonato de cálcio, ou seja por uma argamassa de cal aérea, pó de pedra e agregado calcário. Este material (argamassa de cal), em geral considerado, actualmente, como pouco durável e de reduzida resistência mecânica, manteve-se em estado de conservação relativamente bom durante os mais de cinquenta anos de idade do edifício, sem intervenções significativas de manutenção.

A opção pela conservação e restauro deste revestimento foi, de certo modo, pioneira. Com efeito, este tipo de intervenção tem sido reservada principalmente para as fachadas de pedra ou de azulejos e para pequenas zonas com pinturas murais, existindo poucos exemplos de restauro de revestimentos de argamassa [11, 12].

Os revestimentos de parede de marmorite existentes na área da grande Lisboa e contemporâneos ou posteriores aos do LNEC, têm vindo a ser alvo, nos últimos anos, de intervenções descaracterizadoras, traduzidas geralmente por pinturas com tintas poliméricas. O estudo agora realizado, e a experiência recolhida em obra, permitirão ao LNEC apoiar outras intervenções deste tipo e contribuir assim para a conservação do património edificado.

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil, Maior de 2007

No concurso realizado na sequência do estudo, houve a preocupação de dar prioridade a factores como a qualidade da proposta, o curriculum da empresa e os currícula dos técnicos, nomeadamente na área da conservação e reabilitação de edifícios antigos. Fez parte das condições exigidas a inclusão de uma equipa de conservadores-restauradores para a realização dos trabalhos de restauro. Estas condições foram satisfeitas pela empresa a quem o trabalho foi adjudicado e revelaram-se da maior importância para o resultado final, que se considera bastante bom, apesar dos problemas surgidos e de algumas imperfeições.

Para o sucesso obtido foi imprescindível a especificação correcta e detalhada dos vários trabalhos, o bom planeamento da obra, a especialização da mão-de-obra utilizada, nomeadamente da equipa de conservação e restauro e o acompanhamento contínuo por parte da fiscalização.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a valiosa colaboração para este trabalho de vários investigadores e técnicos superiores do LNEC, nomeadamente: António Santos Silva, Manuel Baião, Fernanda Carvalho, José Delgado Rodrigues, José Aguiar, Isabel Plácido, Álvaro Milagaia e Délia Gomes.

Agradece-se também a colaboração dedicada dos técnicos de experimentação que realizaram os ensaios e as experiências, com destaque para Bento Sabala, Dora Santos, Ana Maria Francisco, Luís Nunes, Ludovina Matos, Paula Menezes e Luzia Barracha.

Esta conferência insere-se no âmbito do Projecto “Conservação de rebocos de cal: Melhoria das técnicas e materiais de restauro arquitectónico” - POCI/HEC/57723/2004, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC) – Execução de marmorites. LNEC, Lisboa: 1952. Especificações. E 5 – 1952.
2. SANTOS Silva, A. – Caracterização da marmorite da fachada do edifício principal do LNEC – Edifício Arantes e Oliveira. LNEC, Lisboa: Nota Técnica 09/2006 – DM.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - Standard Test Method for determination of pore volume and pore volume distribution of soil and rock by mercury intrusion porosimetry. Easton (USA): ASTM, 1998. ASTM D 4408-84.
4. VEIGA, M. Rosário; MAGALHÃES, Ana; BOSILIKOV, Violeta - Capillarity tests on Historic mortar samples extracted from site. Methodology and compared results. Comunicação apresentada à 13th International Masonry Conference, Amsterdam, July 2004. Lisboa: LNEC, 2004. Comunicações COM 110, 2004.
5. MAGALHÃES, Ana Cristian; VEIGA, M. do Rosário; MORAGUES, Amparo – Application of some methods on evaluation of porous systems of wall renderings. VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio y Edificación (YAZA 2004), Lanzarote, Julho de 2004.
6. COUTINHO, A. S. - Fabrico e propriedades do betão. Vol. I. LNEC: Lisboa, 1988.
7. VEIGA, M. Rosario et al – Metodologias para caracterização e conservação das argamassas de revestimento de edifícios antigos. Lisboa: LNEC, Outubro de 2001. Relatório final do Projecto Oldrenders.
8. RATO, Vasco – Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas. Lisboa: FCT-UNL, 2006. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil na especialidade de Reabilitação do Património Edificado.
9. MATEUS, Luís – Caracterização de revestimentos usados em construções de taipa no Barlavento Algarvio. Lisboa: IST, Dezembro de 2005. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção.

Apresentado no VII SBTA, Seminário Brasileiro de tecnologia de Argamassas, Recife, Pe, Brasil,
Maio de 2007

10. BSI – Code of practice for in-situ floor finishes. Part 2: Metric units. London: BSI, 1970. CP 204: Part 2: 1970.
11. SCARZELLA Paolo; BARDELLI, Pier; ZERBINATTI, Marco – Soluzioni mirate di minimo intervento in cantiere di conservazione di paramenti murari otto novecenteschi. Politécnico di Torino, Torino: Novembro de 2005. Não publicado.
12. ZERBINATTI, Marco – Il restauro di manufatti in pietra artificiale: Messa a punto e sperimentazione di sistemi compatibili di pulitura, stuccatura, risarcimento. Politécnico di Torino, Torino: Novembro de 2005. Não publicado.