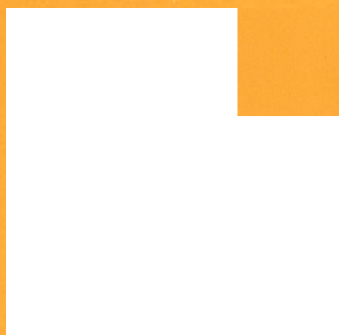




LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



**APOIO ÀS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO
DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS
DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA**

Diagnóstico e Recomendações Gerais

Município
Palmela
Câmara Municipal



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS
Núcleo de Revestimentos e Isolamentos

Proc. 0803/72/11057

COLABORAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA

CÂMARA MUNICIPAL DE PALMELA

LISBOA • Agosto de 2007

I & D EDIFÍCIOS
RELATÓRIO 268/2007 - NRI

APOIO ÀS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA.

DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES GERAIS

RESUMO

A Câmara Municipal de Palmela (CMP) solicitou ao LNEC a elaboração de um parecer técnico sobre os revestimentos exteriores dos edifícios antigos do Centro Histórico de Palmela, com base no estudo de alguns edifícios representativos.

O presente relatório refere-se às tarefas desenvolvidas na primeira fase do estudo. Inclui uma descrição geral dos edifícios, uma caracterização dos seus revestimentos de paredes, uma análise das anomalias observadas e o diagnóstico das suas causas mais prováveis, assim como uma primeira abordagem às possíveis soluções a adoptar nas intervenções a realizar. Propõe-se ainda a realização de painéis experimentais de diversas soluções de revestimentos para apoiar a continuação do estudo.

Em anexo, apresenta-se a proposta de trabalhos enviada pelo LNEC e aprovada pela Instituição requerente (Anexo I), um registo das visitas efectuadas (Anexo II), uma planta do Centro Histórico de Palmela cedida pela CMP (Anexo III) e uma reportagem fotográfica dos edifícios seleccionados cedida pela CMP (Anexo IV) e imagens do estado geral dos diversos edifícios do Centro histórico de Palmela obtidas pelo LNEC (Anexo V).

**SUPPORT ACTIONS TO THE CONSERVATION OF THE EXTERNAL
RENDERINGS OF THE HISTORIC QUARTERS' BUILDINGS OF
PALMELA.
DIAGNOSTIC AND GENERIC RECOMMENDATIONS**

**SUPPORT AUX ACTION DE CONSERVATION DES ENDUITS
EXTÉRIEURS DES BÂTIMENTS DU CENTRE HISTORIQUE DE
PALMELA.
DIAGNOSTIQUE ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES**

APOIO ÀS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA.

DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES GERAIS

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	2
2 DESCRIÇÃO GERAL DOS EDIFÍCIOS E DO SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO	3
3 EDIFÍCIOS SELECIONADOS	6
4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	10
5 ENSAIOS REALIZADOS	11
5.1 Caracterização da composição dos revestimentos	11
5.2 Caracterização física e mecânica dos revestimentos	11
5.2.1 Identificação de sais com marcadores colorimétricos	12
5.2.2 Medições de humidade com Humidímetro Portátil (“in situ”)	13
5.2.3 Determinação do teor de água pelo método gravimétrico	13
5.2.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade por contacto	14
5.2.5 Ensaio de resistência à compressão (método do confinamento)	15
6 RESULTADOS DOS ENSAIOS	16
6.1 Caracterização da composição	16
6.2 Caracterização física e mecânica	17
7 APRECIÇÃO DOS RESULTADOS	20
7.1 Comportamento aos sais	20
7.2 Comportamento mecânico	21
7.3 Comportamento à água	21
7.4 Apreciação geral dos resultados	22
8 ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DOS REVESTIMENTOS	24
9 POSSÍVEIS SOLUÇÕES A ADOPTAR PARA REPARAÇÃO DOS REBOCOS	27
10 PAINÉIS EXPERIMENTAIS	28
11 CONCLUSÕES	29
12 NOTA FINAL	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXO I – PLANO DE TRABALHOS	I.1
ANEXO II – REGISTO DAS VISITAS EFECTUADAS	II.1
ANEXO III – PLANTA DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA	III.1
ANEXO IV – REPORTAGEM FOTOGRÁFICA DOS EDIFÍCIOS SELECIONADOS	IV.1
ANEXO V – IMAGENS DO ESTADO GERAL DOS DIVERSOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA	V.1

APOIO ÀS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA.

DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES GERAIS

ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1 – Principais características dos edifícios seleccionados	9
Quadro 2– Características das argamassas usadas para comparação.....	11
Quadro 3 – Composição simplificada da amostra de camada de acabamento (% em massa) .	17
Quadro 4 – Resultados dos ensaios de absorção capilar por contacto	18
Quadro 5 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão	18
Quadro 6 – Teor de água das amostras	18
Quadro 7 – Resumo dos resultados dos ensaios (valores médios).....	19
Quadro 8 – Síntese geral dos trabalhos de reparação e restauro a realizar, consoante a tipologia dos edifícios do Centro Histórico de Palmela.....	24
Quadro 9 – Anomalias mais comuns observadas nos revestimentos e possível forma de actuação	26
Quadro 10 – Características das argamassas dos tipos propostos, aos 90 dias	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 – Zonas expostas das alvenarias antigas deixam visíveis a presença de conchas e búzios na argamassa de enchimento	3
Fig. 2 – Exemplos de intervenções com argamassas de cimento em zonas afectadas pela humidade ascendente	5
Fig. 3 – Exemplo de edifício intervencionado com novas anomalias	5
Fig. 4 – Descolamentos, destacamentos, perda de coesão, desagregação	6
Fig. 5 – Vista geral dos edifícios seleccionados	8
Fig. 6 – Edifício 4. Degradação progressiva do revestimento a) e b) em Dezembro de 2006; c) em Junho de 2007	9

Fig. 7 – Recolha de amostras “in situ”	10
Fig. 8 – “Tiras” de identificação de sais em contacto com a superfície a ensaiar.....	12
Fig. 9 – Ensaio de identificação de sais: a) cloretos; b) sulfatos; c) nitratos e nitritos.....	12
Fig. 10 – Avaliação do teor de água com humidímetro portátil.....	13
Fig. 11 – Armazenagem de amostras em sacos de plástico devidamente fechados antes da determinação do teor de água pelo método gravimétrico.....	14
Fig. 12 – Ensaio de absorção de água	15
Fig. 13 – Amostras preparadas para o ensaio de resistência à compressão (método do confinamento). Realização do ensaio	15
Fig. 14 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício 1.....	19
Fig. 15 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício 2.....	20
Fig. 16 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício 3.....	20
Fig. 17 – Alguns exemplos de elementos decorativos a preservar nos edifícios do Centro Histórico de Palmela	25
Fig. 18 – Representação esquemática dos painéis experimentais a executar.....	28

APOIO ÀS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA.

DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A Câmara Municipal de Palmela (CMP) solicitou ao LNEC a elaboração de um parecer técnico sobre os revestimentos exteriores dos edifícios antigos do Centro Histórico de Palmela, contendo uma análise do seu estado de conservação, a caracterização das argamassas e recomendações gerais para reparação.

Para dar resposta a essa solicitação, elaborou-se um Plano de Trabalhos (Anexo I), que foi dividido em duas fases. Na 1ª fase propôs-se a caracterização e avaliação do estado de conservação das argamassas de revestimento e a apresentação de recomendações genéricas para reparação. Na 2ª fase prevê-se a avaliação das soluções tipificadas propostas mediante a realização e análise de aplicações *in situ* e a consequente concretização das soluções alternativas recomendadas para argamassas de substituição.

O presente relatório refere-se às tarefas desenvolvidas na primeira fase do estudo realizado para a CMP. Inclui uma descrição geral dos edifícios, uma caracterização dos seus revestimentos de paredes, uma análise das anomalias observadas e o diagnóstico das suas causas mais prováveis, assim como uma primeira abordagem às possíveis soluções a adoptar nas intervenções a realizar. Propõe-se ainda a realização de painéis experimentais de diversas soluções de revestimentos para apoiar a continuação do estudo.

Em anexo, apresenta-se a proposta de trabalhos enviada pelo LNEC e aprovada pela Instituição requerente (Anexo I), um registo das visitas efectuadas (Anexo II), uma planta do Centro Histórico de Palmela cedida pela CMP (Anexo III) e uma reportagem fotográfica dos edifícios seleccionados cedida pela CMP (Anexo IV) e imagens do estado geral dos diversos edifícios do Centro histórico de Palmela obtidas pelo LNEC (Anexo V).

2 DESCRIÇÃO GERAL DOS EDIFÍCIOS E DO SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Da análise visual efectuada, verificou-se que o Centro Histórico de Palmela resultou de uma evolução urbana em várias fases, identificadas na Carta evolutiva cedida pela CMP (Anexo III) e analisada em [1]. Embora as fases identificadas variem, segundo os documentos referidos, entre os séculos XIII e XX, os edifícios existentes têm datas de construção nem sempre coincidentes com as correspondentes às zonas indicadas, provavelmente devido às reconstruções entretanto ocorridas.

As paredes dos edifícios mais antigos – dos séculos XIII a meados do século XX – são constituídas por alvenaria de pedra calcária irregular preenchida com fragmentos de telha ou tijolo aglomerados com argamassas provavelmente de cal, de cor amarelada ou avermelhada. Nalguns casos, zonas expostas deste tipo de alvenaria deixam visíveis as argamassas de enchimento onde é possível observar a presença de conchas e búzios (Fig. 1), facto que indicia a obtenção das areias em locais próximos da zona marítima ou no leito do Rio Sado¹.



Fig. 1 – Zonas expostas das alvenarias antigas deixam visíveis a presença de conchas e búzios na argamassa de enchimento

¹ Em [1] faz-se referência ao facto de o Rio Sado ter alcançado a encosta do Castelo de Palmela até ao século II, e também ao facto das areias terem sido provavelmente obtidas muito próximo, em locais onde a presença do Rio Sado tenha deixado vestígios “marinhos” como as conchas.

Os rebocos exteriores, em alguns casos, serão ainda originais, encontrando-se bastante coesos nalguns casos e degradados noutros; na argamassa que os constitui podem distinguir-se grânulos brancos que normalmente estão associados à presença de cal viva na altura da construção.

Os edifícios mais recentes do século XX foram provavelmente construídos com estrutura de betão e paredes de alvenaria de tijolo furado com rebocos exteriores constituídos por argamassas com base em cimento, como é corrente nos edifícios desta época [1].

Alguns edifícios do Centro Histórico de Palmela encontram-se já intervencionados (Fig. 2 e Fig. 3), tendo sido completamente extraídos os rebocos originais e substituídos por argamassas de reboco com base em cal e cimento e, noutros casos, “reparados” através da colmatação de lacunas com argamassas aparentemente só de cimento. O acabamento foi executado na maioria dos casos com tintas poliméricas. De referir que em muitos destes rebocos novos já se faz notar um início de degradação: empolamentos e destacamentos da pintura e do reboco, fendas, etc.

De um modo geral, as anomalias mais correntes observadas são constituídas por manchas de humidade, descolamentos e destacamentos, vegetação parasitária e colonização biológica, erosão, perda de coesão/desagregação (Fig. 4). As manchas de humidade ascendente são muito visíveis e em alguns casos foram subindo à medida que se fizeram intervenções com substituição das argamassas de cal por argamassas de cimento (Fig. 2). As causas mais prováveis das anomalias observadas são as infiltrações de água, proveniente do solo por ascensão capilar, ou devidas a deficiências da envolvente, como degradação das coberturas ou fendas em revestimentos de paredes, ou ainda originadas por roturas de canalizações ou anomalias em caleiras.

Elementos recolhidos através dos técnicos do Gabinete de Recuperação da CMP (vide Anexo III) apontam para a existência de linhas de água sob a zona do Centro Histórico e referem em particular informações dos moradores antigos sobre a existência de *algares*² sob esta zona. Tais factos podem explicar a origem da humidade de ascensão capilar detectada em muitos edifícios.

² Espécie de grutas no subsolo, escavadas por lençóis de água que se movimentam no terreno.



Fig. 2 – Exemplos de intervenções com argamassas de cimento em zonas afectadas pela humidade ascendente



Fig. 3 – Exemplo de edifício intervencionado com novas anomalias



Fig. 4 – Descolamentos, destacamentos, perda de coesão, desagregação

3 EDIFÍCIOS SELECCIONADOS

Para a realização dos ensaios, seleccionaram-se quatro edifícios do Centro Histórico de Palmela, considerados representativos, em termos das argamassas usadas, do tipo de patologia observada, das datas prováveis de construção e da localização na Carta evolutiva (Anexo III). A seguir descrevem-se as principais características dos edifícios seleccionados, cujos aspectos gerais estão ilustrados na Fig. 5.

No **edifício nº 1** (construído provavelmente no século XVI), o reboco exterior da parede ensaiada é antigo e foi executado em duas camadas, perfazendo um total de cerca de 30 a 35 mm de espessura, com a seguinte constituição: 1 camada de argamassa de cal aérea + 1 camada de argamassa muito fina, com 2 a 5 mm, pouco distinta da anterior. Os paramentos encontram-se com um nível de degradação elevado, verificando-se poucas zonas com o revestimento completo: reboco, camada de acabamento e acabamento final com pintura branca.

No **edifício nº 2** (construído provavelmente no séc. XVIII), o reboco é antigo e é constituído por uma argamassa de cal com 2 camadas (uma creme clara e outra mais rosada). Nalgumas zonas houve destacamento do reboco e é visível uma camada de encasques para regularização do suporte (camada creme clara). A superfície está pintada com tinta de duas cores: branco na parte superior e cinza azulado no soco. A argamassa parece bastante coesa. O telhado deste edifício encontra-se em muito mau estado, não assegurando condições mínimas de estanquidade à água. À data da última visita efectuada pelos técnicos do LNEC, a fachada do edifício encontrava-se em obras, coberta com uma tela de rede branca muito fina.

No **edifício nº 3** (construído provavelmente no início do século XX), o reboco é também antigo, com características aparentemente idênticas às dos edifícios anteriores: constituído por 2 camadas (20 mm + 10 mm aproximadamente) de argamassa de cal de cor creme com nódulos de cal viva visíveis e várias camadas de acabamento com base em cal pigmentada, de cor vermelho ocre. No soco a pintura é de cor cinzenta, também em várias camadas. Nas partes superiores o acabamento também se apresenta em várias camadas sobrepostas, de cores vermelha, rosa e cinza. De uma forma geral, a argamassa de cal parece muito resistente nos troços que mantêm o acabamento, mas em algumas zonas verificam-se abaulamentos, descolamentos e grandes fendas dos revestimentos. Num dos pontos o descolamento parece dever-se à vegetação parasitária existente. Fracturas no elemento de alvenaria que apoia a janela denunciam problemas estruturais do edifício.

No **edifício nº 4** (construído provavelmente entre o final do séc. XVIII e início do séc. XIX), os rebocos exteriores originais foram substituídos na sua totalidade quando o edifício foi alvo de intervenções, em 2004, segundo elementos fornecidos pelos técnicos da CMP. Não foi possível saber a composição do reboco actual; no entanto, a análise visual “in situ” revela revestimentos constituídos de, pelo menos, duas camadas, provavelmente com base em cal. Nalgumas zonas do edifício verificam-se intervenções pontuais com argamassa que, segundo os técnicos da CMP, será bastarda, de cimento, cal e areia e que datam de não menos de quatro anos. O acabamento é uma pintura branca aparentemente com tinta de areia.



Edifício nº 1 (provavelmente séc. XVI)



Edifício nº 2 (provavelmente séc. XVIII)



Edifício nº 3 (provavelmente início do séc. XX)



Edifício nº 4 (provavelmente final do séc. XVIII, início do séc. XIX)

Fig. 5 – Vista geral dos edifícios seleccionados

As anomalias identificadas nos edifícios seleccionados repetem-se nos demais edifícios do Centro Histórico, com padrões muito semelhantes embora com diferentes intensidades de degradação (Anexo V).

No Quadro 1 identificam-se os edifícios seleccionados para estudo pela provável época de construção e nível de degradação visível e faz-se um resumo das principais anomalias das paredes exteriores.

Quadro 1 – Principais características dos edifícios seleccionados

Edifício	Época provável de construção	Nível de degradação visível	Anomalias visíveis nas paredes exteriores
1	Século XVI	Muito elevado	Destacamentos, reparações em cimento
2	Século XVIII	Médio	Destacamentos, colonização biológica, vegetação parasitária, intervenções em cimento
3	Início do século XX	Médio a elevado	Empolamentos e destacamentos, vegetação parasitária, reparações em cimento, fendas
4	Final do século XVIII ou início do século XIX	Médio a elevado (em processo evolutivo) (Fig. 6)	Descolamentos, abaulamentos e destacamentos, pulverulência elevada, desagregação, manchas de humidade, algumas fendas próximas da janela, reparações em cimento



Fig. 6 – Edifício 4. Degradação progressiva do revestimento a) e b) em Dezembro de 2006; c) em Junho de 2007

4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização de ensaios de laboratório foram recolhidas algumas amostras de revestimentos de cada um dos edifícios, em zonas próximas do solo, mas a diferentes níveis de altura, correspondentes a diferentes posições no perfil de humidade (Fig. 7). As amostras foram colocadas em sacos plásticos devidamente fechados e identificados.



Fig. 7 – Recolha de amostras “in situ”

De um modo geral as argamassas mostravam-se friáveis, aparentando deficiente coesão superficial, o que deu origem a amostras irregulares, de dimensões reduzidas e com pouca espessura. As amostras de argamassas recolhidas nos edifícios foram limpas com a ajuda de um pincel, ou levemente escovadas, de forma a remover as partículas soltas de sujidades e eventual colonização biológica aderente. A análise visual preliminar das amostras recolhidas indicou que a maior parte destas parecia ter como ligante a cal aérea.

Antes da realização dos ensaios, procurou-se extrair o acabamento do reboco – em geral constituído por uma camada de caição, pintura ou barramento – com o objectivo de deixá-lo à vista, isolando-o da influência do acabamento nas características a estudar, nomeadamente na absorção de água. No entanto, nalguns casos, a dificuldade de extracção completa da camada de acabamento não permitiu que fossem realizados os ensaios sobre o reboco propriamente dito, sem a camada de acabamento.

Como termos de comparação para os ensaios de absorção capilar e de compressão, utilizaram-se resultados de ensaios de provetes executados em laboratório – prismáticos, com dimensões 40 mm x 40 mm x 80 mm – de argamassas de cal de características conhecidas, com as composições sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2– Características das argamassas usadas para comparação

Argamassa	Dosagem volumétrica	Composição	Idade	Resistência à compressão (MPa)		Coeficiente de capilaridade (kg/m ² .min ^{1/2})	
				Método normalizado (R _{Cn})*	Método argamassas irregulares (R _{Cir})	Método normalizado C (90-10)	Método argamassas irregulares C _{cc} (5min)
CA	1:3	Cal aérea:areia (granulometria estudada)	3 anos	1,3	2,0	1,4	1,6
CACI	1:3:12	Cimento:cal aérea:areia (granulometria estudada)	3 anos	1,9	2,5	1,2	2,0

*Resultados obtidos aos 90 dias

5 ENSAIOS REALIZADOS

5.1 Caracterização da composição dos revestimentos

As soluções de reparação a definir – materiais e técnicas – dependem em grande parte da composição do revestimento original, já que têm que ser compatíveis com esse revestimento e com a sua conservação nas melhores condições.

Para o conhecimento da composição e estrutura dos revestimentos de paredes exteriores dos edifícios do Centro Histórico de Palmela foram realizados diversos ensaios laboratoriais sobre as amostras extraídas, usando a metodologia normalmente seguida no LNEC para a caracterização de revestimentos de argamassas de edifícios antigos [2,3]. Os ensaios realizados e os resultados detalhados e sua interpretação são descritos com pormenor num relatório que se encontra presentemente em elaboração [4].

No presente relatório inclui-se um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização de composição para as amostras recolhidas dos casos seleccionados e faz-se a sua apreciação de forma sintetizada.

5.2 Caracterização física e mecânica dos revestimentos

Com o objectivo de avaliar de forma mais rigorosa o estado do revestimento e obter informação para o diagnóstico das anomalias, foram realizados ensaios “in situ” e em laboratório, que se referem a seguir:

- identificação de sais com marcadores colorimétricos;
- medições de humidade com Humidímetro Portátil (“in situ”);
- determinação do teor de água pelo método gravimétrico;
- ensaio de absorção de água por capilaridade por contacto;
- ensaio de resistência à compressão.

Os ensaios realizados, juntamente com os respectivos objectivos são descritos a seguir.

5.2.1 Identificação de sais com marcadores colorimétricos

Este ensaio é usado na identificação de um ião específico, recorrendo-se a “tiras” ou marcadores coloridos que, quando imersos numa solução ou em contacto com a superfície a ensaiar humedecida com água destilada (Fig. 8), variam a intensidade da cor, conforme a concentração de iões presentes na superfície do material a ensaiar (Fig. 9); é portanto possível efectuar, de forma simples e rápida, a determinação semiquantitativa de um determinado tipo de ião presente no material a ensaiar, permitindo, assim, a identificação do tipo de sais que contém esse ião [5].



Fig. 8 – “Tiras” de identificação de sais em contacto com a superfície a ensaiar



Fig. 9 – Ensaio de identificação de sais: a) cloretos; b) sulfatos; c) nitratos e nitritos

5.2.2 Medições de humidade com Humidímetro Portátil (“in situ”)

O humidímetro portátil é um instrumento utilizado para medir o teor de água das paredes, através de dois eléctrodos em forma de agulhas ou de sondas de profundidade a introduzir nos elementos a testar [6,7]. Esta técnica, que baseia o seu funcionamento na variação da resistência eléctrica dos materiais em função do seu teor de água, é utilizada em termos comparativos e não absolutos, e pode ser uma ferramenta bastante útil na detecção de zonas com elevado teor de água e na determinação das causas desse fenómeno.

No caso de materiais muito heterogéneos, como os rebocos, as medições mais significativas são as que se situam próximas do zero (condição em que o material está seco) ou do máximo da escala (material muito húmido) para o material que não contém sais, já que estes podem alterar os resultados [7].

Os valores de referência da escala do humidímetro utilizado no presente estudo – Tramex CRH (Fig. 10) – correspondem aos teores reais de humidade do betão e variam de 0% (seco) a 6,9% (húmido), sendo necessário adaptar essa escala para outros materiais, como os rebocos (variando mesmo com o tipo de reboco). Assim, os valores obtidos têm validade apenas qualitativa e para efeitos de comparação.



Fig. 10 – Avaliação do teor de água com humidímetro portátil

5.2.3 Determinação do teor de água pelo método gravimétrico

Embora seja uma técnica de carácter destrutivo, o método gravimétrico é o mais fiável para a determinação do teor de água de um dado material [7]. O método consiste na pesagem da amostra recolhida em obra, no seu estado “natural”, e na sua pesagem após secagem em estufa a uma temperatura especificada, em função do tipo de material³ [8]. O teor de água do material é calculado por este método através da diferença de massas da amostra no

³ Materiais que não mudam de estrutura até 105° (materiais minerais, p.e.): 105°±2°C. Material em que podem ocorrer mudanças na estrutura (materiais orgânicos, p.e.): 70±2°C.

estado inicial e após secagem. Um cuidado especial deve ter-se ao efectuar-se a recolha e armazenagem da amostra para que esta não perca humidade antes da primeira pesagem (Fig. 11). Os resultados são expressos em percentagem referida à massa no estado seco.



Fig. 11 – Armazenagem de amostras em sacos de plástico devidamente fechados antes da determinação do teor de água pelo método gravimétrico

5.2.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade por contacto

A técnica de ensaio de absorção capilar de amostras irregulares e friáveis desenvolvida no LNEC, foi detalhadamente descrita em [9, 10 e 11]. A técnica consiste na realização de pesagens periódicas da amostra colocada dentro de um cesto de rede metálica, sobre uma tela de geotêxtil saturada de água e permanecendo em contacto permanente com a água de uma tina. As pesagens são feitas a cada 5 minutos durante os primeiros 40 minutos e posteriormente aos 60, 90, 180, 300, 480 e 1440 minutos. A água absorvida é determinada através da diferença entre a massa inicial do conjunto cesto + tela húmida + amostra e as massas seguintes do mesmo conjunto. O coeficiente de capilaridade obtido através deste método designa-se por coeficiente de capilaridade por contacto (C_{cc}) e é determinado aos 5 minutos ou, se a parte recta da curva de absorção em função da raiz quadrada do tempo se prolonga, entre 10 e 90 minutos.

Para a realização do ensaio, opta-se por colocar em contacto com a água a face da amostra que tenha estado voltada para o exterior, o que em geral é detectável pelo aspecto superficial, por se admitir que essa face será a que está mais sujeita à acção da água da chuva (Fig. 12).



Fig. 12 – Ensaio de absorção de água

5.2.5 Ensaio de resistência à compressão (método do confinamento)

O método para quantificar a resistência mecânica das amostras de argamassas irregulares foi desenvolvido num projecto conjunto entre o LNEC e Organismos de outros dois países (Eslovénia e República Checa) [12,13]. O ensaio consiste numa adaptação do método normalizado preconizado na EN 1015-11 [14]; as amostras recolhidas são confinadas num molde especial constituído por uma “argamassa de confinamento” para conseguir uma área definida de aplicação da força de compressão (Fig. 13). A argamassa de confinamento, com resistência superior à da amostra de revestimento que se pretende ensaiar, é composta por cimento e areia siliciosa ao traço ponderal 1:3 (CEM II, 32,5: areia). Os valores de resistência à compressão determinados através deste método são designados por R_{cC} . Foi utilizada uma máquina de ensaios ETI HM-S, usando uma célula de carga de 200 KN.

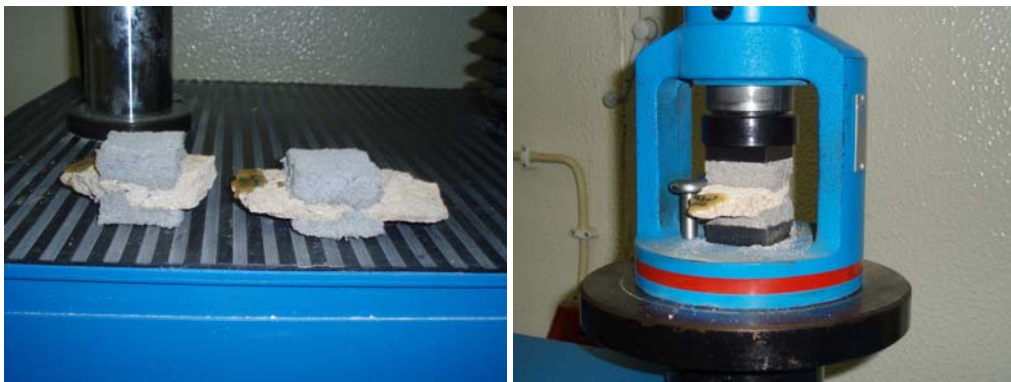


Fig. 13 – Amostras preparadas para o ensaio de resistência à compressão (método do confinamento). Realização do ensaio

6 RESULTADOS DOS ENSAIOS

6.1 Caracterização da composição

O estudo realizado [4] para a determinação da composição das três argamassas de revestimento analisadas, provenientes de edifícios antigos do Centro Histórico de Palmela – designadas em [4] por PAL 1, PAL2 e PAL3 – permitiu extrair as seguintes conclusões:

- As argamassas em geral são muito porosas e friáveis.
- As três argamassas têm constituições muito semelhantes, com base em cal aérea calcítica e areia siliciosa rica em argila. Não se detectaram compostos hidráulicos.
- As areias apresentam grãos de morfologia sub-rolada, maioritariamente constituídas por quartzo hialino, com granulometrias muito semelhantes entre si, principalmente na gama 0,630 mm a 2,50 mm.
- Na generalidade as várias argamassas apresentam degradação microbiológica, enquanto que a presença de sais (cloretos e sulfatos) foram detectadas essencialmente nas amostras PAL2 e PAL3. A amostra PAL2 contém proporção bastante significativa de cloreto de sódio na sua constituição.

As composições das argamassas de reboco indicam traços (em massa) fracos em ligante:

PAL1 - 1: 12 (cal aérea hidratada : areia)

PAL2 - 1: 8 (cal aérea hidratada : areia)

PAL3 - 1: 8 (cal aérea hidratada : areia)

Estes traços correspondem a proporções volumétricas da ordem de:

PAL1 - 1: 4 (cal aérea hidratada : areia)

PAL2 - 1: 2,7 (cal aérea hidratada : areia)

PAL3 - 1: 2,7 (cal aérea hidratada : areia)

As camadas de acabamento dos três revestimentos têm base em cal aérea, e são constituídas por:

PAL1 – barramento de cal aérea calcítica aplicado em várias camadas delgadas

PAL2 – barramento de cal aérea calcítica e gesso

PAL3 – caiação de cal com pigmento vermelho de hematite

No Quadro 3 [4] apresenta-se a composição simplificada das amostras de reboco, calculada com base no chamado método de "Jedrzejewska" [15] para argamassas de cal antigas, o qual considera três tipos de constituintes: "agregado" (correspondente ao resíduo insolúvel do ataque ácido), "carbonatos" e "fracção solúvel" em ácido (compostos solúveis em ácido sem formação de dióxido de carbono).

Quadro 3 – Composição simplificada da amostra de camada de acabamento (% em massa)

Amostra	Agregado (1)	Carbonatos (2)	Fracção Solúvel (3)
Pal 1	87	10	3
Pal 2	83	13	4
Pal 3	84	14	2

6.2 Caracterização física e mecânica

Os resultados individuais dos ensaios físicos e mecânicos sintetizam-se nos Quadros 4 a 6. Um resumo dos resultados dos ensaios realizados é apresentado no Quadro 7. As curvas de absorção de água e de secagem em função do tempo podem observar-se nos gráficos das figuras 11 a 13.

Salientam-se alguns aspectos relativamente aos ensaios realizados:

- i) a identificação dos sais e a determinação do teor de água através do método do humidímetro foram realizadas "in situ", sobre os revestimentos existentes;
- ii) a determinação dos teores de água pelo método gravimétrico para as amostras recolhidas nos edifícios nº 1, 2 e 3 foi realizada no Inverno, enquanto que o teor de água da amostra recolhida no edifício 4 foi determinado no Verão, pelo que não são directamente comparáveis;
- iii) tendo em conta o estado em que se encontrava o revestimento do edifício nº 4 – com reduzida coesão e elevada pulverulência –, não foi possível recolher amostras em condições para a realização dos ensaios de absorção capilar e de resistência à compressão.

Quadro 4 – Resultados dos ensaios de absorção capilar por contacto

Edifício	Amostra	Altura em relação ao solo (m)	Área em contacto com água (mm ²)	Massa da amostra (g)	Área/massa (mm ² /g)	Coeficiente de capilaridade por contacto (kg/m ² .min ^{1/2})		Absorção total em 24 h (kg/m ²)
						CCc5	Média	
Nº 1	Palm 1-a	1,5	2029	68,8	29	1,09	1,2	3,77
	Palm 1-b	1,5	2038	278,3	7	1,26		15,92*
	Palm 1-c	0,7	1078	94,8	11	1,27		9,77*
Nº 2	Palm 2-a	0,7	5331	24,2	46	0,72	0,7	2,26
	Palm 2-b	0,5	1990	51,7	38	0,73		2,23
Nº 3	Palm 3-a	1,5	3845	124,4	30	1,13	1,0	4,02
	Palm 3-b	1,5	5946	161,4	37	0,79		3,16

*Relação área / massa da amostra bastante reduzida em relação às demais amostras analisadas

Quadro 5 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão

Edifício	Amostra	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à compressão média (MPa)
Nº 1	Palm1 -a	-	1,2
	Palm1 -b	0,5	
	Palm1 -c	1,8	
Nº 2	Palm2-a	2,8	2,7
	Palm2-b	2,6	
Nº 3	Palm 3-a	3,1	2,7
	Palm 3-b	2,2	

Quadro 6 – Teor de água das amostras

Edifício	AMOSTRA	Método gravimétrico			Método do humidímetro portátil	
		Altura em relação ao solo (m)	Teor de água (%)	Média (%)	Altura em relação ao solo (m)	Teor de água (%)
Nº 1	Palm1-a	1,5	9,2	9,8	1,7	2,9 a 4,1
	Palm1-b	1,5	9,6		1,0	1,8 a 4,7
	Palm1-c	0,7	10,5		0,5	5,3 a 6,9
Nº 2	Palm1-a	0,7	6,6	6,5	-	-
	Palm1-b	0,5	6,4		0,5	6,9
Nº 3	Palm1-a	1,5	3,3	5,2	1,0	6,9
	Palm1-b*	1,5	7,1		0,5	3,7
Nº 4	Palm4-a	1,8	5,2	5,2	1,8	6,9
	Palm4-b*	1,8	1,6	1,6	1,8	n.d.

* Argamassa de cimento de uma intervenção

Quadro 7 – Resumo dos resultados dos ensaios (valores médios)

Ensaio		Edifício nº 1	Edifício nº 2	Edifício nº 3	Edifício nº 4	
Identificação de sais (mg/l)	Sulfatos	0	> 800	0	< 200	
	Cloretos	< 500	> 1500; < 8000	< 500	> 500; < 1000	
	Nitratos	> 100; < 250	< 250	0	< 50	
	Nitritos	> 20; < 80	0	0	< 20	
Teor de água (%) (método do humidímetro)	Inverno	1,5 m	3,2	n.d.	6,9	n.d.
		0,5 m a 0,7 m	6,1	6,9	3,7*	
	Verão	1,8 m	n.d.	n.d.	n.d.	6,9
		1,5 m	3,5	n.d.	3,6	3,8
		0,5 m a 0,7 m	6,1	6,1	3,9	4,7
Teor de água (%) (método gravimétrico)	1,8 m	n.d.	n.d.	5,2	5,2**	
	1,5 m	9,8	6,5	n.d.	n.d.	
	0,7 m	10,5	6,5	n.d.	n.d.	
Coeficiente de capilaridade por contacto (Cc) aos 5 minutos (kg/m ² .min ^{0,5})		1,2	0,7	1,0	n.d.	
Resistência à compressão (Rc) (MPa)		1,2	2,7	2,7	n.d.	

*Zona do revestimento com acabamento.

**Amostra recolhida no Verão.

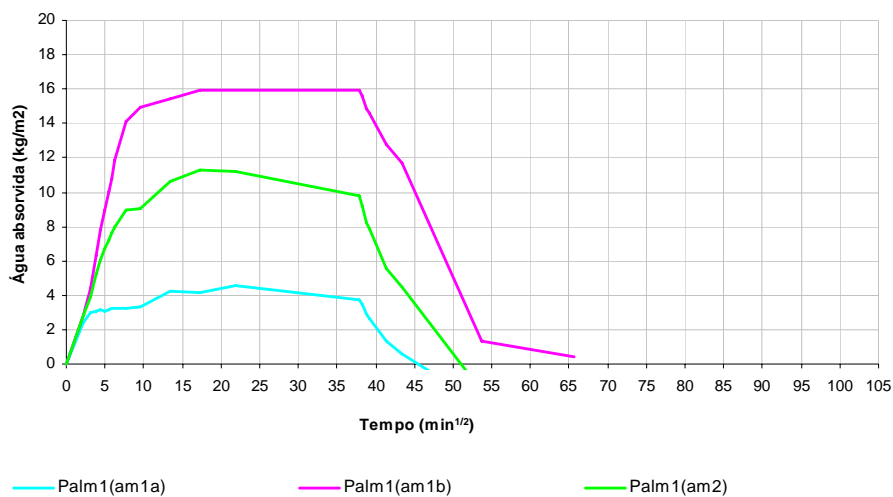


Fig. 14 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício nº 1

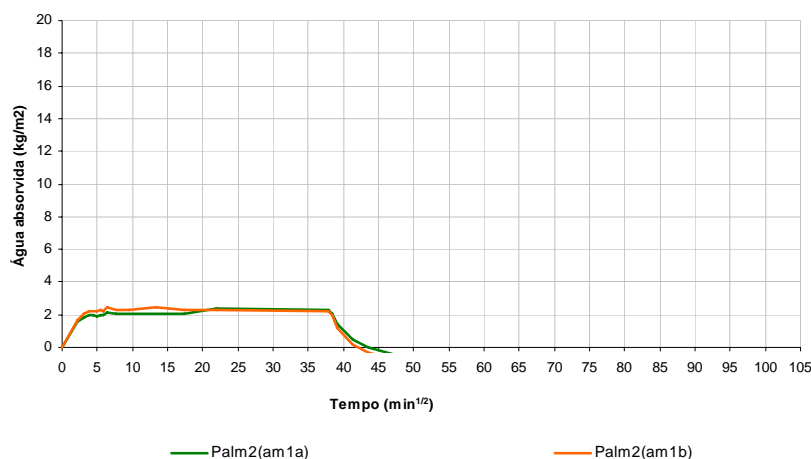


Fig. 15 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício nº 2

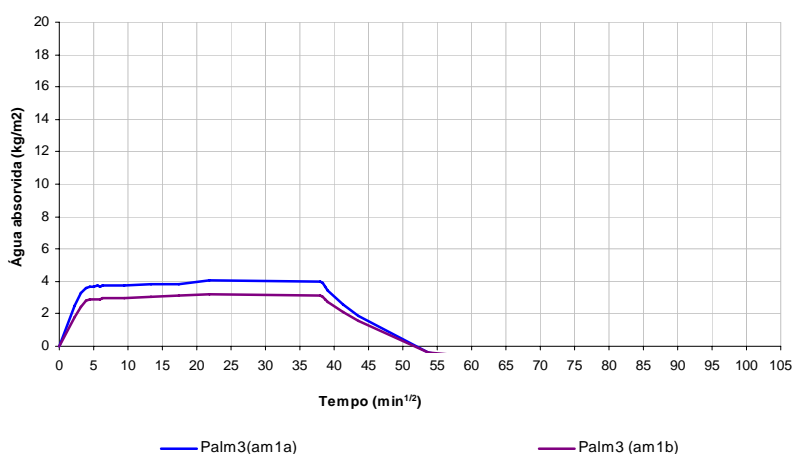


Fig. 16 – Absorção de água das amostras de argamassa do edifício nº 3

7 APRECIÇÃO DOS RESULTADOS

7.1 Comportamento aos sais

O ensaio de identificação de sais através do método expedito permitiu identificar sais dos tipos cloretos, sulfatos, nitratos e nitritos nos edifícios analisados. Os cloretos foram identificados em todos os edifícios, enquanto os sulfatos só foram encontrados nos edifícios nºs 2 e 4, tendo-se encontrado nos revestimentos do edifício nº 2 as maiores concentrações de cloretos e sulfatos. Os nitratos foram encontrados na maioria dos edifícios, exceptuando o edifício nº 3. Os revestimentos dos edifícios nºs 1 e 4 apresentam, para além dos nitratos,

pequenas concentrações de nitritos. A presença destes dois sais nos revestimentos indicia que a origem de humidade poderá estar no terreno [7]. A ocorrência de nitritos indicia também que a fonte de alimentação de água poderá ainda estar em actividade ou que esta esteve activa até um período recente, porque estes sais são muito instáveis.

7.2 Comportamento mecânico

A análise dos resultados dos ensaios de resistência à compressão, usando o método adaptado para amostras de argamassas irregulares, mostra revestimentos com boa resistência mecânica (Edifícios nºs 2 e 3), comparável com as resistências de argamassas com base em cal de comportamento conhecido (Quadro 2), e revestimentos com resistência reduzida (Edifício nº 1). Embora não tenha sido possível determinar a resistência mecânica do revestimento do edifício nº 4, as características da amostra observadas à vista desarmada – deficiente coesão superficial e elevada pulverulência – apontam para resistências mecânicas muito inferiores às encontradas nas amostras dos demais edifícios analisados.

7.3 Comportamento à água

No que se refere ao comportamento à água, verifica-se que os revestimentos dos edifícios nºs 1 e 3 são semelhantes entre si e próximos dos das argamassas com base em cal com comportamento conhecido (Quadro 2). A absorção de água do revestimento do edifício nº 2 é bastante reduzida em relação aos demais revestimentos analisados. As curvas de secagem dos revestimentos dos edifícios nºs 1 e 3 mostram que a secagem é mais lenta que a molhagem. Os períodos de secagem e molhagem do revestimento do edifício nº 2 parecem bastante semelhantes (fig. 12).

Os teores de água determinados através do método gravimétrico indiciam revestimentos bastante húmidos (edifício nº 1) e relativamente húmidos (edifícios nºs 2, 3 e 4), considerando-se normal a ordem de grandeza dos valores de teor de água obtidos para o tipo de material analisado. Diferentemente das determinações dos teores de água das amostras dos edifícios nºs 1, 2 e 3, os teores de água das amostras do edifício nº 4 foram realizados nas condições de Verão e tempo seco, o que mostra que existe uma fonte alimentadora activa de água e indica que os teores de água neste edifício poderão ser ainda mais elevados, se determinados no Inverno.

Os teores de água determinados através do humidímetro mostram a respectiva ordem de grandeza nas situações de tempo húmido (Inverno) e de tempo seco (Verão). Embora os valores do ensaio com o humidímetro sejam apenas comparativos, eles permitem detectar as zonas do revestimento com diferentes teores de água. Efectuadas diversas determinações nas paredes dos edifícios verificaram-se diferenças de humidade significativas entre as várias zonas estudadas: em geral, os valores determinados indiciam revestimentos bastante húmidos nas zonas inferiores da parede, quer no Inverno, quer no Verão, confirmando a ocorrência de humidade devido à ascensão capilar e uma fonte alimentadora activa de água.

7.4 Apreciação geral dos resultados

Em síntese, os ensaios realizados permitem concluir que:

- Os revestimentos antigos, embora aparentemente com origens variáveis entre o século XVI e o início do século XX, têm constituições muito semelhantes, com base em cal aérea calcítica, argila e areia, com traços fracos em cal (aproximadamente 1 cal :12 agregados em massa, para uma, e 1 cal :8 agregados para as outras duas).
- As linhas de água identificadas na Planta do Centro Histórico cedida pela CMP e apresentada no Anexo III localizam-se próximo dos edifícios nºs 2 e 4 estudados. Não existem informações sobre a localizações dos algares, que podem contribuir para a circulação da água no subsolo de outras zonas.
- A maior parte dos revestimentos analisados contém sais – cloretos, sulfatos, nitratos ou nitritos – depositados, quer na superfície, quer no seu interior, com provável origem na água proveniente do terreno.
- As concentrações de cloretos e de sulfatos nos revestimentos dos edifícios nºs 2 e 4 são superiores às dos demais revestimentos analisados, facto que pode estar relacionado com a proximidade de linhas de água (Anexo III); no edifício nº 3 verifica-se uma menor concentração de cloretos e sulfatos, provavelmente devido à menor incidência de fenómenos de capilaridade ascendente motivada pelo maior afastamento das linhas de água; a presença de nitritos nos edifícios nºs 1 e 4 indica a existência activa de uma fonte alimentadora de água ao interior das paredes destes edifícios.

- Em todos os edifícios analisados encontraram-se zonas com teores de água elevados, quer em condições de tempo seco (Verão), quer em tempo húmido (Inverno), facto relacionado provavelmente com a humidade de ascensão capilar.
- As amostras estudadas mostram coeficientes de capilaridade bastante reduzidos e, com excepção da argamassa do edifício nº 1 (o mais antigo), com resistências mecânicas relativamente elevadas. Com efeito, os coeficientes de capilaridade obtidos são inferiores aos das argamassas de comparação (ver quadro 2), enquanto as resistências das argamassas Palm 2 e Palm 3 são superiores à da argamassa de comparação de cal e cimento.

A análise da tipologia de degradação dos edifícios seleccionados e de outros edifícios do Centro Histórico indicia a existência de uma fonte de água activa que provavelmente penetra nas fundações e sobe por capilaridade ascendente pelo interior das paredes, atravessando o revestimento, favorecendo a dissolução de sais e cristalização no seu interior e chegando, em alguns casos, a provocar tensões que conduzem à desagregação do revestimento (edifícios nºs 1 e 4). De facto, as informações recolhidas referem a existência de linhas de água sob o Centro Histórico de Palmela e ainda de cavidades subterrâneas escavadas pelas águas freáticas (algares).

De um modo geral, a humidade de ascensão capilar parece ser a principal origem da degradação dos revestimentos do Centro Histórico de Palmela, gerando o aparecimento de anomalias secundárias (fendilhação, descolamentos, destacamentos, perda de coesão, perda de aderência, eflorescências, etc).

8 ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

As intervenções a realizar nos revestimentos de edifícios antigos com algum valor patrimonial (Fig. 17) devem orientar-se pelo princípio da máxima conservação, pretendendo-se reduzir ao mínimo indispensável as remoções e substituições do revestimento e elementos decorativos originais e mesmo as operações sobre eles,

Nos edifícios antigos sem elementos decorativos ou com reduzido valor patrimonial, a opção pela substituição ou pela manutenção do revestimento deve basear-se na verificação do seu nível de degradação e na reparabilidade das anomalias existentes [16].

As operações a realizar sobre os revestimentos exteriores devem, de um modo geral, contribuir para garantir os requisitos funcionais, de compatibilidade e de aspecto [2,3].

Nos casos em que se optar pela substituição, os produtos e sistemas devem ser compatíveis com os preexistentes e tão semelhantes a eles quanto se considerar viável, conferindo protecção à superfície, salvaguardando a imagem do edifício e mantendo a sua identidade.

No Quadro 8 apresenta-se uma síntese das formas de actuação nos revestimentos em função da tipologia dos edifícios característicos do Centro Histórico de Palmela.

Quadro 8 – Síntese geral dos trabalhos de reparação e restauro a realizar, consoante a tipologia dos edifícios do Centro Histórico de Palmela

Tipologia do edifício		Estratégias de intervenção no revestimento
Edifícios com ornamentos ou elementos decorativos antigos característicos (fingidos, grafitos, esgrafitos)		Manutenção das áreas com elementos decorativos, restaurando essas zonas; manutenção dos revestimentos existentes, se possível, reparando-os e substituindo só o estritamente necessário.
Edifícios sem elementos decorativos antigos mas com rebocos com base em cal	Revestimento sem destacamentos e descolamentos significativos e com coesão razoável	Manutenção e reparação dos revestimentos
	Revestimento com grandes áreas destacadas (>25%, aproximadamente) ou com perda de coesão generalizada	Substituição parcial ou total
Edifícios sem elementos decorativos antigos e intervenções em rebocos com base em cimento		Substituição ou manutenção, com base no nível de degradação do revestimento



Fig. 17 – Alguns exemplos de elementos decorativos a preservar nos edifícios do Centro Histórico de Palmela

Naturalmente, as acções de reparação e conservação a realizar só devem ser implementadas após eliminação das causas que provocam as anomalias, principalmente as relacionadas com a humidade de ascensão capilar (causa primária). Estas medidas passam pela reparação das deficiências de estanquidade – em coberturas, paredes fendilhadas e canalizações – e pela análise do sistema de circulação de água no solo e no subsolo e pelo controlo da sua entrada por ascensão capilar – nomeadamente, analisando a possibilidade do seu afastamento das paredes por meio de drenos.

Sintetizam-se no Quadro 9 as principais anomalias secundárias observadas nos revestimentos exteriores dos edifícios antigos do Centro Histórico de Palmela e uma descrição sucinta de como actuar para correcção da patologia observada.

Quadro 9 – Anomalias mais comuns observadas nos revestimentos e possível forma de actuação

Forma de actuação possível	Pré-consolidação (se necessária)	Tratamento com biocida e limpeza da crosta negra	Limpeza	Consolidação (recolagem de revestimento não aderente e restituição da coesão)	Colmatação com argamassa semelhante à original	Substituição do revestimento	Homogeneização por reintegração cromática do revestimento
Sujidade generalizada, incluindo crosta negra							
Deficiência de coesão superficial (pulverulência)							
Perda de coesão e erosão acentuada							
Perda de coesão e erosão acentuada *							
Descolamentos, abaulamentos, empolamentos							
Destacamentos							
Lacunas de pequenas dimensões							
Colonização biológica							
Microfissuras							
Fendas de baixa densidade e fissuras							
Esmacimento da cor							
Reparações em cimento							

* Hipótese alternativa a considerar

9 POSSÍVEIS SOLUÇÕES A ADOPTAR PARA REPARAÇÃO DOS REBOCOS

Tendo em conta o nível de degradação observado nos edifícios analisados e a dificuldade de reparação do tipo de anomalias detectadas, poderá ser necessário recorrer, em muitos casos, à substituição total ou parcial dos revestimentos existentes (ver Quadro 8). Nessas situações, a solução a adoptar deverá passar pela utilização de materiais comprovadamente compatíveis com os materiais pré-existentes, de modo a não degradarem as paredes e os rebocos pré-existentes e contribuir para a sua preservação.

A selecção das soluções a adoptar deverá passar pela execução de painéis experimentais de algumas soluções de rebocos já estudadas laboratorialmente em trabalhos anteriores e cujas características permitam esperar uma boa compatibilidade.

No Quadro 9 apresentam-se os resultados de ensaios de laboratório realizados sobre argamassas dos tipos propostos [17,18], verificando-se que têm coeficientes de capilaridade e resistências à compressão da mesma ordem de grandeza das argamassas antigas (ver Quadros 4 e 5).

Quadro 10 – Características das argamassas dos tipos propostos, aos 90 dias

Ensaio	Argamassa		
	Cal e areia (1:3)	Cal:cimento branco e areia (1:3:12)*	Cal: metacaulino e areia (1:1:4)
Resistência à flexão (MPa)	0,3	0,7	0,2
Resistência à compressão (MPa)	1,3	1,9	0,7
Coeficiente de capilaridade (kg/m ² .min ^{0,5})	1,30	1,22	1,55
Módulo de Elasticidade (MPa)	1100	5670	2130

*São apresentados resultados com este traço e não do traço 1:2:9 por não se dispor ainda destes resultados.

A decisão final quanto à constituição das argamassas a utilizar na reparação e substituição de rebocos exteriores no Centro Histórico de Palmela irá depender da realização prévia e consequente avaliação do comportamento de um conjunto de painéis experimentais a executar *in situ*.

10 PAINÉIS EXPERIMENTAIS

Com o objectivo de possibilitar uma melhor avaliação da adequabilidade das soluções a propor de revestimentos exteriores de paredes ao suporte e às condições climáticas existentes e permitir uma selecção fundamentada, deverão ser executados em obra quatro painéis experimentais, definidos na Fig. 18.

PAINEL 1	PAINEL 2	PAINEL 3	PAINEL 4
dimensões: 1mx1,5m	dimensões: 1mx1,5m	dimensões: 1mx1,5m	dimensões: 1mx1,5m
limpeza do suporte;	limpeza do suporte;	limpeza do suporte;	limpeza do suporte;
salpico seguido de reboco em duas camadas com argamassa tipo A (A1+A2).	salpico seguido de reboco em duas camadas com argamassa tipo B (B1+B2).	salpico seguido de reboco em duas camadas com argamassa tipo C (C1+C2).	salpico seguido de reboco aplicado no nº de camadas correspondente às indicações do fabricante com argamassa tipo D.
Acabamento do reboco à vista (com camada de acabamento fina e com agregados de cor e aspecto estudados)	Acabamento do reboco à vista (com camada de acabamento fina e com agregados de cor e aspecto estudados)	Acabamento do reboco à vista (com camada de acabamento fina e com agregados de cor e aspecto estudados)	Acabamento do reboco à vista (com camada de acabamento fina e com agregados de cor e aspecto estudados)

Fig. 18 – Representação esquemática dos painéis experimentais a executar

As argamassas dos tipos A, B, C e D terão as seguintes composições:

a) Argamassa tipo A (argamassa de comparação)

Constituída por cimento II 32,5 branco, cal aérea hidratada em pó de boa qualidade, areia siliciosa de rio e areia amarela (de Corroios ou outra que seja usada na região), aos traços volumétricos 1:2:9 (A1) e 1:3:12 (A2) (cal aérea gorda hidratada: cimento branco: areia do rio e de Corroios em partes iguais), garantindo uma adequada composição dos agregados, nomeadamente uma curva granulométrica aproximadamente contínua.

b) Argamassa tipo B

Constituída por cal aérea hidratada de boa qualidade, areia siliciosa de rio e areia amarela (de Corroios ou outra que seja usada na região), aos traços volumétricos 1:1,5:1,5 (B1) e 1:1,5:1,5 (B2), garantindo uma adequada composição dos agregados, nomeadamente uma curva granulométrica aproximadamente contínua.

c) Argamassa tipo C

Constituída por cal aérea hidratada de boa qualidade, metacaulino, areia siliciosa de rio e areia amarela (de Corroios ou outra que seja usada na região), aos traços volumétricos 1:1:4 (C1) e 1:1:4,5 (C2), garantindo uma adequada composição dos agregados, nomeadamente uma curva granulométrica aproximadamente contínua.

d) Argamassa tipo D

Constituída por argamassa pré-doseada a seleccionar de entre argamassas caracterizadas pelo LNEC para edifícios antigos e comercializadas em Portugal.

O comportamento do reboco aplicado nos painéis deve ser observado durante um período de tempo tão grande quanto possível, recomendando-se um mínimo de 90 dias.

11 CONCLUSÕES

O presente estudo permite estabelecer as seguintes conclusões:

- Os revestimentos exteriores das paredes dos edifícios do Centro Histórico de Palmela apresentam, em grande parte, elementos decorativos ainda originais, que lhes conferem um valor histórico e artístico considerável.
- São constituídos por argamassas com base em cal aérea calcítica, areia quartzosa e argila, com traços relativamente fracos em ligante e muito semelhantes entre si, apesar de originários de épocas bastante diversas (séculos XVI a início do século XX, nos casos estudados).
- Grande parte destes revestimentos encontram-se com um nível de degradação já relativamente elevado e com tendência para evoluir, principalmente nos casos em que têm vindo a ser realizadas intervenções pouco cuidadas, nomeadamente com substituição de argamassas de cal por argamassas com base em cimento.
- A causa principal da degradação do reboco parece estar relacionada com a humidade ascendente proveniente do solo e do subsolo, ou com infiltrações de água através da envolvente.

- As intervenções a realizar deverão ter em conta a preservação dos elementos originais com valor histórico apreciável e ser definidas rigorosamente segundo critérios científicos, no que se refere aos materiais e às técnicas de reparação a utilizar.

O LNEC propõe-se colaborar na definição das soluções a estudar (em diálogo com os técnicos da CMP), prestando indicações para a execução dos painéis experimentais e procedendo ao acompanhamento da sua aplicação e à avaliação dos seus resultados.

Recorda-se que o estudo poderá ainda prosseguir através de uma próxima fase, de acompanhamento das obras a realizar nos edifícios antigos do Centro Histórico de Palmela, se tal for do interesse da CMP.

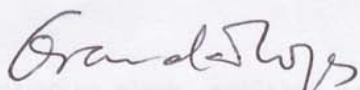
12 NOTA FINAL

Os ensaios realizados tiveram a colaboração da Técnica de Apoio à Investigação Dora Santos (bolseira) do Departamento de Edifícios do LNEC.

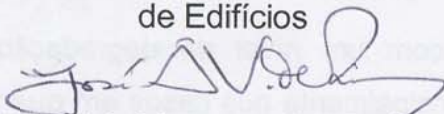
Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Agosto de 2007.

VISTOS

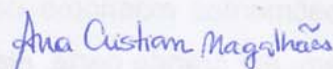
O Chefe do Núcleo de
Revestimentos e Isolamentos


Jorge Grandão Lopes

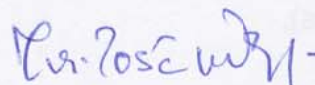
O Director do Departamento
de Edifícios


José A. Vasconcelos Paiva

AUTORIA



Ana Cristian Magalhães
Eng.^a Civil, Bolseira LNEC de
Doutoramento



Maria do Rosário Veiga
Eng.^a Civil, Investigadora Principal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TORRES, Eunice – **Revestimentos do Centro Histórico de Palmela: anomalias, caracterização cromática e sua conservação**. Dissertação de mestrado apresentada no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Junho de 2007.
2. VEIGA, M. Rosário; AGUIAR, J.; SANTOS SILVA, A.; CARVALHO, F. – **Methodologies for Characterisation and Repair of Mortars of Ancient Buildings**. In Proceedings of the 3rd International Seminar Historical Constructions. Guimarães, Universidade do Minho, Novembro 2001, p. 353-362.
3. VEIGA, M. Rosário et al. – **Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos**. Lisboa: LNEC, Julho de 2004. Coleção Edifícios, CED 9.
4. ADRIANO, P.; SANTOS SILVA, A. – **Determinação da composição dos revestimentos de edifícios do Centro Histórico de Palmela**. Lisboa: LNEC. Relatório em fase de publicação.
5. BORRELLI, Ernesto. **Conservation of Architectural heritage, historic structures and materials salts**. International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property (ICCROM), Roma, 1999.
6. MASSARI, Giovanni and Ippolito – **Damp Buildings. Old and new**. Roma: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property (ICCROM), 1993.
7. HENRIQUES, Fernando M. A – **Humidade em paredes**. Lisboa: LNEC, 2001 (2ª edição).
8. LANZINHA, João Carlos G. – **Propriedades higrotérmicas de materiais de construção**. Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC). Coimbra, Junho 1998.
9. VEIGA R; JUNIOR, J. – **Definição de um método de ensaio de absorção de água por capilaridade para amostras de argamassa irregulares e friáveis**. Lisboa: LNEC, Junho de 2000. Relatório 140/00-NCCT.

10. 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.
11. SANTOS, Dora; VEIGA, M. Rosário – **Ficha de Ensaio de revestimentos de paredes FE Pa 40. Revestimentos de paredes. Ensaio de absorção de água por capilaridade para amostras irregulares e friáveis.** Lisboa: LNEC, Agosto de 2004.
12. VÁLEK, Jan; VEIGA, M. Rosário – **Characterisation of mechanical properties of historic mortars – testing of irregular samples.** In Proceedings of STREMAH 2005 – 9th International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture. Malta: University of Malta, Junho de 2005.
13. MAGALHÃES, Ana Cristian; VEIGA, M. Rosário – **Avaliação da resistência de amostras de argamassas históricas recolhidas em obra. Metodologia e correlação de resultados.** Lisboa: LNEC, Agosto de 2006. Relatório 259/06-NRI.
14. EUROPEAN COMMITTEE OF STANDARDIZATION (CEN) – **Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar - EN 1015-11.** Brussels: CEN, August 1999.
15. JEDRZEJEWSKA, H. – **Old Mortars in Poland: A New Method of Investigation.** Studies in Conservation, Vol. 5, nº 4, 1960, p. 132-138.
16. VEIGA, M. Rosário; AGUIAR, José – **Definição de estratégias de intervenção em revestimentos de edifícios antigos.** Proceedings do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto, FEUP, Março de 2003.
17. VEIGA, M. R. – **Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes.** Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, Maio de 2003.
18. VELOSA, Ana; MAGALHÃES, Ana; VEIGA, M. Rosário – **Experimental applications of mortars with pozzolanic additions. Characterization and performance evaluation.** Artigo submetido à apreciação da Revista Construction & Building Materials, em Abril de 2007.

ANEXO II

REGISTO DAS VISITAS À OBRA

Registo da 1ª Visita

LOCAL: Centro Histórico de Palmela

DATA: 2006-03-03

PARTICIPANTES

Pela Câmara Municipal de Palmela (CMP):

Arqº Jorge Moura

Arqª Eunice Torres

Pelo LNEC:

Engª Maria do Rosário Veiga

Engª Ana Cristian Magalhães

Pela Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (UTL):

Arqº José Aguiar

ACÇÕES REALIZADAS

Realização da 1ª fase de observação dos revestimentos exteriores dos edifícios do Centro Histórico de Palmela.

Recolha de informação oral.

Reportagem fotográfica.

Registo da 2ª Visita

LOCAL: Centro Histórico de Palmela

DATA: 2006-12-06

PARTICIPANTES

Pela Câmara Municipal de Palmela (CMP):

Arqº Jorge Moura

Arqª Eunice Torres

Pelo LNEC:

Engª Maria do Rosário Veiga

Dr. Santos Silva

Engª Ana Cristian Magalhães

Drª Martha Tavares

Drª Patrícia Adriano

ACÇÕES REALIZADAS

Realização da 2ª fase de observação dos revestimentos exteriores dos edifícios do Centro Histórico de Palmela: observação e identificação das anomalias e das soluções construtivas; identificação das zonas por composição e por tipo de degradação.

Recolha de informação oral.

Realização de ensaios e recolha de amostras de revestimentos nos edifícios nºs 1, 2 e 3.

Reportagem fotográfica.

Registo da 3ª Visita

LOCAL: Centro Histórico de Palmela

DATA: 2006-06-26

PARTICIPANTES

Pela Câmara Municipal de Palmela (CMP):

Arqª Eunice Torres

Pelo LNEC:

Engª Maria do Rosário Veiga

Engª Ana Cristian Magalhães

ACÇÕES REALIZADAS

Realização da 3ª fase de observação dos revestimentos exteriores dos edifícios do Centro Histórico de Palmela: esclarecimento das dúvidas levantadas após as últimas visitas.

Realização de ensaios nos edifícios nºs 1,2, 3 e 4.

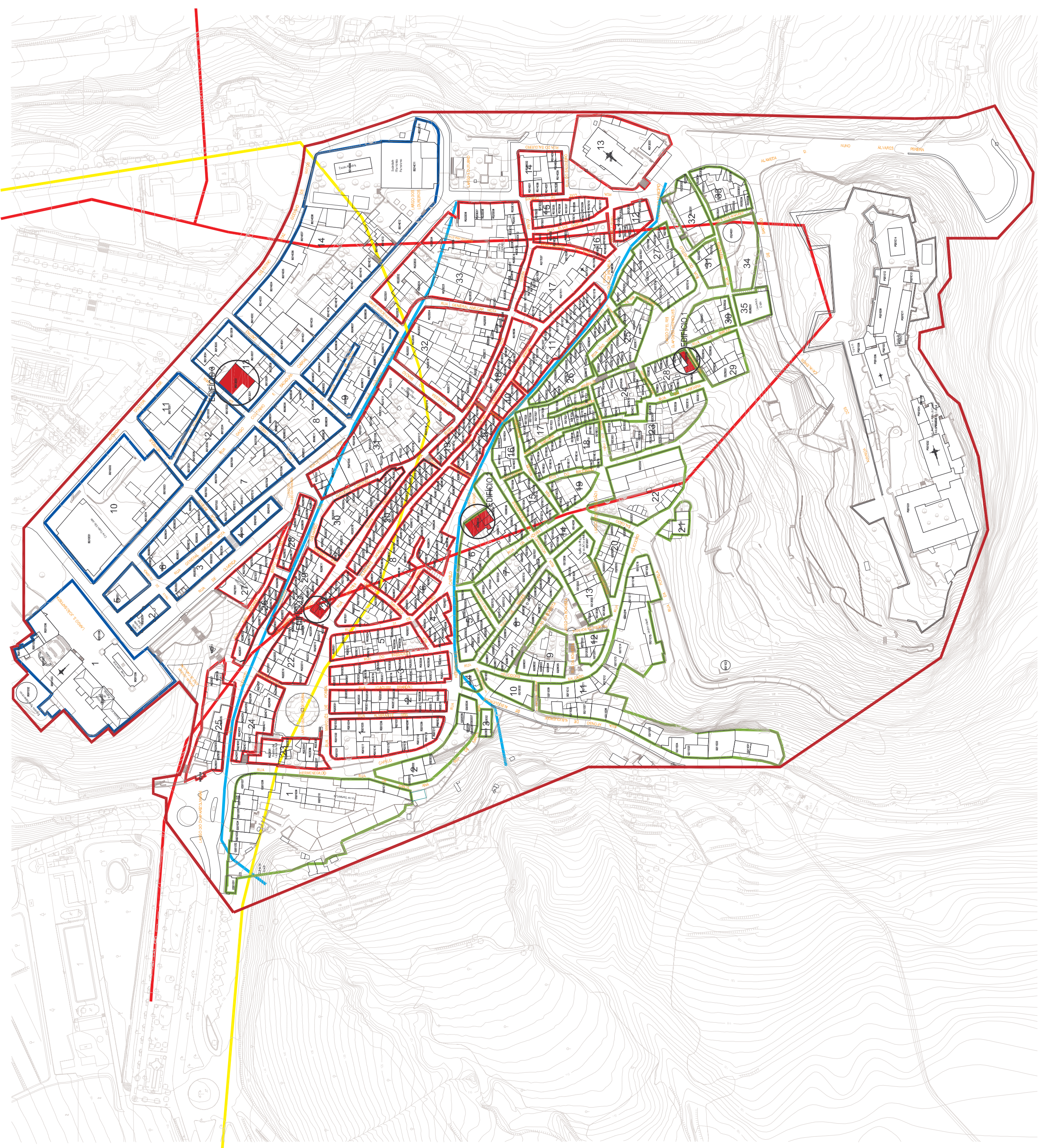
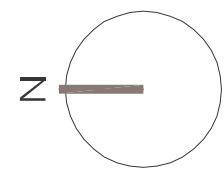
Recolha de amostras de revestimentos no edifício nº 4.

Reportagem fotográfica.

ANEXO III

PLANTA DO CENTRO HISTÓRICO DE PALMELA

(cedida pela CMP)



LEGENDA *

	LINHAS DE ÁGUA CONSOLIDADAS (CARTA MILITAR)		ZONA DO ARRABALDE
	BACIA(S) HIDROGRÁFICA(S)		ZONA DE EXPANSÃO PARA NORTE (SEC. VIII AO SEC. XIII)
	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO HIDROGRÁFICO DO AFLORAMENTO DA SALGUEIRINHA (BACIA HIDROGRÁFICA)		ZONA DO CASCO HISTÓRICO
			ZONA DE EXPANSÃO PARA NORTE E POENTE (SEC. XI AO SEC. XIII)
			ZONA DE TRANSIÇÃO
			ZONA DE EXPANSÃO PARA NORTE E NASCENTE (SEC. XIX AO SEC. XX)

* INFORMAÇÃO RETIRADA DO SIB PAULELA

ANEXO IV
REPORTAGEM FOTOGRÁFICA DOS EDIFÍCIOS
SELECCIONADOS
(elementos cedidos pela CMP)

Levantamento 2004



Fachada principal



Porta com arestas boleadas

Levantamento 2006



Fachada principal



Vista geral

Observações:

Edifício datado (provavelmente) do século XVI. Exemplar de tipologia arquitectónica da arquitectura residencial com características defensivas (poucas fenestraçãoes) situado no Arrabalde do castelo. Encontra-se em estado de ruína, o que facilita a recolha de amostras para os ensaios.

ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO EDIFÍCIO:



Falta de coesão



Falta de adesão



Presença de vegetação



Falta de reboco



Fendilhação



Fissuração do revestimento



Lacuna do revestimento



Lacuna do revestimento - fachada Sul



Erosão diferencial



Reparações em cimento na fachada

Levantamento 2004



Enquadramento: Lg. Do Mercado



Vista geral

Levantamento 2006



Fachada principal vedada por tela



Fachada principal vedada por tela



Fachada principal vedada por tela



Cobertura em estado de ruína

Observações:

Edifício datado (provavelmente) do século XVIII. Situado na zona do casco histórico, constitui um exemplar de arquitectura civil residencial corrente, enquadrado no Largo do Mercado, actualmente em estado de ruína e vedado pela CMP, a qual pretende, a médio prazo, intervir no edifício no sentido de reabilitar e conservar a sua imagem.

ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO EDIFÍCIO:



Destacamento de camadas de revestimento



Fendilhação



Fissuração do revestimento



Variação cromática



Presença de vegetação

Levantamento 2004



Vista geral



Vista geral

Levantamento 2006



Vista geral



Vista geral

Observações:

Edifício datado (provavelmente) do início do século XX. Situado na zona mais recente do Centro Histórico, a Norte, constitui outro exemplar de arquitectura civil residencial corrente, de gaveto, da Rua Gago Coutinho e Sacadura Cabral com a Rua Vasco da Gama. Actualmente encontra-se em estado razoável de conservação.

ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO EDIFÍCIO:



Falta de adesão



Colonização biológica



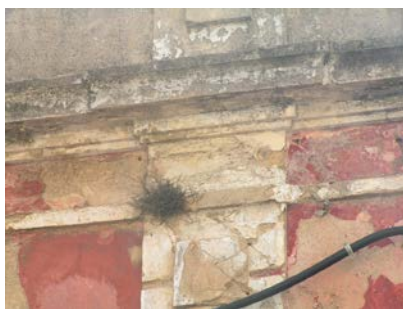
Lacuna no reboco



Fendilhação



Fissuração do revestimento



Presença de vegetação

Levantamento 2004



Vista geral – R. Serpa Pinto



Vista geral – R. Serpa Pinto



Vista geral – R. 31 de Janeiro



Vista geral – R. Contra Almirante
Jaime Afreixo

Levantamento 2006



Vista geral da frente do quarteirão –
R. Contra Alm. Jaime Afreixo



Vista geral – R. Contra Alm. Jaime Afreixo



Vista geral – R. 31 de Janeiro



Vista geral – R. 31 de Janeiro e R. Serpa Pinto



Vista geral – R. Serpa Pinto

Observações:

Edifício datado (provavelmente) de finais do século XVIII, início do século XIX. Situa-se no casco histórico, a Norte do Centro Histórico, com orientação SE-NO. Inserido num quarteirão de características formais interessantes, foi alvo de intervenção da CMP no que respeita a revestimentos, vãos e coberturas em 2004. Consiste mais um exemplar de arquitectura civil residencial corrente, de gaveto, com três frentes. Actualmente encontra-se num estado progressivo de degradação dos revestimentos. A fachada analisada tem orientação NO.

ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO EDIFÍCIO:



Eflorescências - soco



Falta de adesão com empolamento



Falta de adesão com empolamento



Falta de adesão e "colapso" do reboco



Falta de coesão



Fendilhação



Fissuração



Reparações em cimento

ANEXO V
IMAGENS DO ESTADO GERAL DOS EDIFÍCIOS DO CENTRO
HISTÓRICO DE PALMELA

Estado Geral dos Edifícios do Centro Histórico de Palmela





