



MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS DE ANOMALIAS RELACIONADAS COM A DURABILIDADE DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL COM ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

*PREVENTIVE AND CORRECTIVE MEASURES OF ANOMALIES RELATED TO THE
DURABILITY OF BUILDINGS OF PATRIMONIAL VALUE WITH REINFORCED
CONCRETE STRUCTURE.*

**José Miranda Dias ⁽¹⁾, Maria Paula Rodrigues ⁽²⁾, Sónia Raposo ⁽³⁾, Maria João Henriques ⁽⁴⁾,
Luís Matias ⁽⁵⁾**

(1) LNEC, Portugal; mirandadias@lnec.pt

(2) LNEC, Portugal; mprodriques@lnec.pt

(3) LNEC, Portugal; sraposo@lnec.pt

(4) LNEC, Portugal; mjoao@lnec.pt

(5) LNEC Portugal; lmatias@lnec.pt

RESUMO

No contexto da preservação de edifícios do património edificado nacional, constata-se a necessidade de intervenção sobre esse património, sobretudo nos casos de crescente degradação dos seus elementos construtivos.

Em particular, na parcela mais recente desse património, construída no século XX e constituída na sua maioria por edifícios com base em estrutura de betão armado (estrutura mista de betão armado e alvenaria ou estrutura integral de betão), verifica-se, frequentemente, que as respetivas paredes de fachada de alvenaria e elementos confinantes de betão armado estão sujeitos a ações agressivas que comprometem a sua durabilidade e se traduzem na necessidade de ações preventivas e/ou corretivas de forma a prevenir a sua degradação prematura, em especial nos edifícios com valor patrimonial.

Pretende-se analisar, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado atrás descrita, no contexto da respetiva manutenção e reparação. Visa-se, ainda, avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as características de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial.

Palavras-chave: Durabilidade / Paredes de Alvenaria / Betão Armado / Património/ Técnicas de Inspeção não Destrutivas / Reparação

1. INTRODUÇÃO

No contexto da preservação de edifícios do património edificado nacional, constata-se a necessidade de intervenção sobre esse património, sobretudo nos casos de crescente degradação dos seus elementos construtivos. Em particular, na parcela mais recente desse património, construída no século XX e constituída na sua maioria por edifícios com base em estrutura de betão armado (estrutura mista de betão armado e alvenaria ou estrutura integral de betão), verifica-se, frequentemente, que as respetivas paredes de fachada de alvenaria e elementos confinantes de betão armado estão sujeitos a ações agressivas que comprometem a sua durabilidade e se traduzem na necessidade de ações preventivas e/ou corretivas de forma a prevenir a sua degradação prematura, em especial nos edifícios com valor patrimonial, ou seja os edifícios de betão armado classificados como património de interesse cultural e os edifícios de betão armado que, embora não enquadrados nessa classificação, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública. Pretende-se analisar, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado atrás descrita (doravante designados de edifícios EVPba), no contexto da respetiva manutenção e reparação. Visa-se, ainda, avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as características de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial.

2. ANOMALIAS MAIS CORRENTES DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS RELACIONADAS COM A RESPETIVA DURABILIDADE

2.1. Considerações iniciais

Na avaliação da vida útil adequada para um edifício de valor patrimonial conviria que se estabelecesse a prévia diferenciação entre a avaliação da vida útil dos elementos da estrutura e a dos elementos não-estruturais, como sejam as paredes de alvenaria, sendo que aos primeiros se exige que não seja menor que a vida útil do edifício total, que, em geral, se considera superior a 50 anos (pretende-se considerar nesta exigência, sobretudo, os edifícios que, embora não sendo classificados como património de interesse cultural, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública, atendendo a que se prevê, para os edifícios classificados como património de interesse cultural, uma vida útil claramente superior a 50 anos), e simultaneamente se preconiza que, excluindo situações excecionais (exemplo: inundações anormais), não se verifique, durante esse período de vida útil, a necessidade de ações profundas de manutenção ou conservação do edifício.

2.2. Anomalias correntes em elementos estruturais de betão armado confinantes nos edifícios EVPba

Os problemas correntes de durabilidade dos elementos estruturais de betão armado confinantes com paredes de alvenaria estão relacionados com ocorrência de situações de corrosão de armaduras e consequente deterioração do betão, face à exposição a ações do ambiente, em particular da zona superficial dos elementos de betão armado e respetivos revestimentos de pintura de proteção, caso existam; o surgimento dessas anomalias nesses elementos tem impacto negativo sobre a vida útil do edifício, bem como sobre a preservação do valor patrimonial. Os referidos problemas de durabilidade em estruturas de betão armado estão essencialmente relacionados com: corrosão das armaduras induzida por carbonatação; corrosão induzida por

cloretos e carbonatação; ação de gelo-degelo no betão; reações expansivas internas no betão. A degradação do betão e corrosão das armaduras pode diminuir a capacidade resistente da estrutura, devido à redução da secção transversal das armaduras de aço e fissuração do betão, e à perda de aderência entre estes materiais.

2.3. Anomalias correntes nas paredes de alvenaria e rebocos nos edifícios EVPba

Os problemas mais frequentes que ocorrem nas paredes, com impacte no seu desempenho e na sua durabilidade, estão relacionados com problemas de fendilhação e a presença de humidade. Essas situações de anomalia em paredes podem ter reflexos negativos nos revestimentos de paredes da envolvente e nos respetivos elementos arquitetónicos e decorativos, conduzindo à sua degradação progressiva. Os problemas correntes de durabilidade relacionados com anomalias nos revestimentos das paredes (rebocos) referem-se sobretudo a anomalias nos revestimentos com base em cimento e em revestimentos ETICS (sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior de paredes de fachada). As anomalias correntes nos rebocos com base em cimento são essencialmente: empolamento e destacamento do revestimento; fendilhação mapeada devido a retração e eflorescências; fendilhação horizontal ao longo das juntas. As anomalias associadas com humidade em revestimentos com base em cimento referem-se a presença de humidade na superfície ou no interior do revestimento das paredes exteriores e interiores. A coesão e aderência das argamassas com base em cimento, em fachadas, podem-se reduzir significativamente, ao longo do tempo, devido a ações ambientais, as quais se traduzem em degradação das paredes com presença de fendilhação superficial, destacamentos locais, etc. As principais anomalias em revestimentos ETICS são as seguintes: desgaste ou destacamento da camada de acabamento do ETICS; empenamento; empolamento; deformações e outras deficiências de planeza no ETICS; destacamento local do ETICS.

2.4. Revestimentos por pintura de paredes de alvenaria

As anomalias que se detetam visualmente com maior frequência nos revestimentos por pintura aplicados nos paramentos exteriores de edifícios são: alteração de cor e de brilho, destacamento, empolamento, aparecimento de manchas, eflorescências, crescimento de fungos e de algas. Os defeitos podem surgir durante a aplicação e secagem ou, a curto prazo, após a aplicação. A mais longo prazo, nos revestimentos expostos ao exterior surgem defeitos como pulverulência, erosão, fissuração e perda de cor, devidos ao natural envelhecimento da película por ação dos fatores climáticos, e ainda retenção de sujidade, especialmente em ambientes poluídos. Em geral, quando surgem defeitos inesperados no revestimento por pintura, as falhas são resultantes de defeitos de construção ou de aplicação. Podem mencionar-se as seguintes causas do aparecimento de anomalias precoces nos revestimentos por pintura: incompatibilidade de produtos no esquema de pintura proposto; fraca aderência da película; incompatibilidade do produto/tinta com a base a pintar (produto incompatível com o tipo de superfície a pintar; utilização de tinta inadequada ao tipo de suporte); esquema de pintura não adaptado às condições de exposição; defeitos de superfície do substrato (aplicação em substratos húmidos; inadequada e incorreta preparação das superfícies); condições de aplicação não apropriadas (condições adversas de temperatura e humidade durante a aplicação; espessura seca inferior à recomendada; método de aplicação inadequado); defeitos de construção (infiltrações/ascensão de água por capilaridade; remates incipientes ou mal executados; reboco com deficiências de espessura). O aparecimento de anomalias nos revestimentos por pintura, independentemente das suas causas (da própria tinta/esquema de pintura ou de defeitos de construção), pode comprometer a aceitação duma obra e criar desconfiança quanto à qualidade geral do edifício.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS RELATIVAMENTE ÀS ANOMALIAS MAIS CORRENTES RELACIONADAS COM DURABILIDADE DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL

3.1. Considerações gerais sobre as medidas de prevenção/ações de manutenção

Após o final da construção do edifício, pressupõe-se que o respetivo desempenho se mantenha ao longo do tempo e corresponda aos requisitos e exigências definidas à data da sua construção. Na ausência de ações de manutenção ou de reabilitação adequadas, tal desempenho vai diminuindo ao longo do tempo, até um ponto em que tais exigências deixam de ser satisfeitas, nomeadamente ao nível estético, funcional e de segurança, tornando-se imperativa a realização de ações de manutenção. Com efeito, a perda de desempenho dos elementos de um edifício ao longo do tempo é um processo normal que decorre do processo de envelhecimento natural dos materiais e da ação de agentes atmosféricas e de uso, sendo necessário realizar ações de manutenção abrangendo: inspeção periódica e limpeza; intervenções de pequena escala; grandes intervenções com eventual substituição de elementos.

3.2. Considerações gerais sobre a seleção das medidas corretivas

A definição das ações de reparação/reabilitação dos elementos de construção do edifício, em particular dos elementos de fachada deve ser estabelecida de forma diferenciada em função do tipo de elemento de fachada em presença (paredes ou elementos estruturais confinantes), bem como do seu papel funcional e da importância de manutenção da imagem estética da fachada tendo em conta o respetivo valor patrimonial. Preconiza-se, em geral, que os elementos de fachada possam manter-se, durante o restante período de vida útil, sem a necessidade de substituição significativa das suas partes fundamentais, sendo apenas prevista a simples reparação destas ou a substituição de alguns componentes acessórios.

3.3. Medidas preventivas/corretivas relativamente a elementos de betão armado

3.3.1. *Medidas preventivas*

Saliente-se que a causa mais comum para deterioração do betão dos elementos estruturais está relacionada com a corrosão das armaduras induzida por carbonatação, mais frequente nos elementos estruturais que evidenciam valores insuficientes da espessura do betão de recobrimento. Na corrosão induzida por carbonatação, com a progressão da frente de carbonatação até à superfície das armaduras, inicia-se o processo de corrosão das armaduras, podendo-se verificar a presença de manchas de ferrugem na superfície do betão e sinais de fendilhação desenvolvendo-se segundo linhas paralelas e acompanhando as armaduras. Deve intervir-se nestes elementos, preventivamente, para evitar que a corrosão evolua para um cenário de maior gravidade relacionada com a fragmentação localizada ou delaminação do recobrimento do betão, com a redução da secção transversal dos varões de armadura e com a perda de aderência aço/betão. Na corrosão devida ao ingresso de cloretos, com a respetiva penetração inicia-se o processo de corrosão, pelo que se deve intervir, com medidas preventivas de proteção e reparação, antes da situação se agravar em termos de corrosão acentuada das armaduras. A penetração de ácidos, álcalis e sulfatos pode levar a deterioração química do betão. A ação de gelo/degelo geralmente ocorre em superfícies horizontais de betão expostas à água ou em superfícies verticais que estão em contato (permanente ou quase permanente) com água. Na deterioração do betão devido à ação do gelo/degelo, a migração de humidade durante a ação gelo/degelo pode ser responsável pela deterioração do betão, a qual deve ser preventivamente evitada.

Relativamente aos problemas de durabilidade relacionados com a degradação de estruturas de betão devido a reações expansivas internas referem-se: a Reação Álcalis-Sílica (RAS) e a Reação Sulfática Interna (DEF - Formação

de Etringite Retardada). Podem ocorrer fendas provocadas por Reação Álcali-Sílica com formação em simultâneo de etringite (Silva, Reis, 2000). Destas reações expansivas internas, as mais frequentes são as Reações Álcali-Sílica (RAS). Nas reações álcali-sílica (RAS) formam-se, na presença de água, produtos de reação sílico-alcalinos de natureza expansiva (geles), os quais originam elevadas tensões internas no betão, com consequente expansão da estrutura e possível degradação desta. Este tipo de reação Álcali-Sílica pode não ser perceptível durante longo tempo e, repentinamente, progredir rapidamente para um estado avançado de deterioração. Tal reclama uma atenção especial para se detetarem os primeiros sinais característicos dessa deterioração.

3.3.2. Medidas corretivas

A escolha das medidas corretivas em relação aos problemas de durabilidade em paredes de alvenaria e de elementos confinantes de betão armado deve ser suportada pela realização a montante de um diagnóstico adequado das causas, sendo o seu aprofundamento dependente da relevância do edifício de valor patrimonial, bem como da complexidade das questões envolvidas na definição das ações corretivas.

No caso de problemas de durabilidade mais comuns, os quais se associam à corrosão das armaduras devido a carbonatação do betão, importa restaurar a camada passiva das armaduras através da substituição do betão carbonatado por um betão de cimento Portland que deverá passar pelos seguintes passos: Remoção de todo o betão de recobrimento das superfícies dos elementos sujeitos ao ambiente, designadamente através de demolição hidráulica; Limpeza das armaduras existentes; Substituição ou reforço das armaduras que apresentem uma perda significativa (superior a 10%); Preparação do substrato; Aplicação (manual, por projeção ou moldagem) do betão, de forma a, pelo menos, restituir a secção do elemento estrutural, garantindo uma espessura nominal de betão de recobrimento sobre as armaduras não inferior a 40 mm, ou uma espessura mínima de 30 mm, se controlada durante a execução.

Recomenda-se que a execução e o controlo da qualidade dos trabalhos satisfaçam o estipulado nas secções 7, 8 e 9 da NP EN 1504-10 (2008), para o Princípio de Reparação 7 (*Preservação ou restauração da passividade*), Método 7.2 (*Substituição do betão contaminado ou carbonatado*). Após a substituição do betão carbonatado é habitual proceder-se à aplicação de um revestimento por pintura, a não ser que se trate de um edifício com elementos confinantes de betão à vista em que a substituição tenha sido total. A aplicação do revestimento por pintura, para além de permitir uma uniformização visual da superfície no caso de a substituição do betão não ter sido total, pode conferir uma proteção adicional relativamente à carbonatação do betão. Recomenda-se para isso que o revestimento por pintura cumpra os requisitos mínimos estabelecidos na norma NP EN 1504-2 (2006), para o Princípio de Proteção 1 (*Proteção contra o ingresso*), Método 1.3 (*Revestimento*). Esses requisitos são respeitantes às seguintes características do revestimento por pintura: resistência ao arrancamento segundo a EN 1542 (1999) ≥ 1 MPa; permeabilidade ao CO₂ segundo a EN 1062-6 (2002) expressa pela espessura de camada de ar com difusão equivalente, $S_D > 50$ m; permeabilidade ao vapor de água segundo a EN ISO 7783 (2018) da Classe I (espessura de camada de ar com difusão equivalente, $S_D \leq 5$ m; absorção capilar e permeabilidade à água segundo a EN 1062-3 (2008) expressa pelo coeficiente de absorção $w < 0,1$ kg/m².h^{0,5}). Tratando-se de revestimentos por pintura para aplicação em exterior, deverão ainda ser resistentes à radiação UV, recomendando-se que satisfaçam as exigências estabelecidas na norma NP 4504 (2017) no que se refere à diferença de cor após ensaio de envelhecimento artificial acelerado.

3.4. Medidas preventivas/corretivas relativamente às paredes de alvenaria e rebocos nos edifícios EVPba

3.4.1. Medidas preventivas

As paredes exteriores devem ser objeto de inspeção periódica para verificar, nomeadamente, o estado de

conservação das zonas acessíveis e das juntas e zonas correntes e pontos singulares. Sempre que o estado de conservação da fachada exija (avaliada pela extensão e pela severidade da sujidade/manchas), deve-se realizar uma limpeza e/ou tratamento de carácter preventivo, através de meios hidráulicos ou pneumáticos, para retirar e limpar musgos e vegetação existente, e proceder a impermeabilização superficial da alvenaria ou ao tratamento/fechamento de juntas. Relativamente às paredes interiores deve haver uma inspeção periódica para detetar o aparecimento e a evolução de fissuras, desaprumos ou outras deformações e o aparecimento de humidades e manchas. As atividades de manutenção corrente consistem na limpeza das superfícies que apresentam manchas de sujidade, em tratar as causas de humidade excessiva e em aumentar a ventilação dos locais com muita humidade. No que se refere a medidas preventivas em relação rebocos tradicionais, salientam-se as anomalias relacionadas com a fendilhação orientada, caso em que se recomenda, em termos de prevenção, a eliminação prévia das suas causas antes de se efetuar a sua reparação; e as anomalias relacionadas com o desenvolvimento de fungos e bolores, em relação ao qual se deve evitar a criação de condições que possam favorecer a fixação desses fungos e bolores (Veiga, 2010).

3.4.2. *Medidas corretivas*

O tipo de trabalhos de manutenção a realizar passa pela reconstrução e/ou reparação de juntas ou de zonas singulares danificadas das paredes. De acordo com a extensão e a severidade das anomalias presentes nas paredes (tijolos à vista partidos e fortemente degradados; deterioração dos lintéis e montantes, apoios e juntas de vãos de janelas; deterioração geral das juntas) pode ser necessário realizar uma grande intervenção de reconstrução e/ou consolidação dos elementos. Nas paredes interiores, quando a presença de fissuras tem um carácter persistente ou o revestimento do paramento se encontra danificado, deve-se realizar trabalho de abertura e tratamento das fissuras, sendo que antes se deve procurar identificar as causas prováveis para o seu aparecimento e, caso seja necessário, realizar uma eventual dessolidarização da parede com bandas resilientes. Nos casos em que ocorre a fendilhação do suporte, a qual se traduz também na fendilhação do respetivo revestimento de reboco, pode, em princípio, efetuar-se a substituição dos elementos danificados e a aplicação de um revestimento com características adequadas. Em alternativa, se a parede não desempenhar funções resistentes, pode resolver-se o problema através da aplicação de um revestimento independente do suporte e capaz de assegurar a estanquidade global da parede (Veiga, 2010).

Os rebocos tradicionais usados em edifícios recentes são geralmente constituídos por argamassas de cimento e areia aplicadas em duas ou três camadas. Descrevem-se sumariamente as anomalias mais frequentes nesses revestimentos, que podem comprometer a sua durabilidade, e as respetivas soluções gerais de reparação (Veiga, 2010): fendilhação mapeada (reparação – aplicação de um revestimento de impermeabilização de ligante sintético, com ou sem armadura (conforme a largura das fendas) ou, em alternativa, de uma camada de acabamento com um revestimento de ligante misto, após tratamento das fendas de maior largura); fendilhação orientada (reparação – alegramento dos bordos das fendas, seguido de preenchimento com um material bastante deformável (ex.: mástique) seguido da aplicação de um revestimento de impermeabilização de ligante sintético ou, em alternativa, de um revestimento de ligante misto, armado com rede de fibra de vidro); Perda de aderência por descolamento / abaulamento / e destacamento (reparação – extração do revestimento na zona afetada, seguida pela aplicação, nessa zona, de um revestimento apropriado); Eflorescências e criptoflorescências (reparação - eliminação das causas de infiltrações de água, devendo, em seguida, deixar-se secar completamente o revestimento e eliminar os sais formados por escovagem a seco, ou, se necessário, recorrer a lavagens neutralizadoras, e, em casos mais graves, em que o suporte está impregnado de sais higroscópicos, devem-se utilizar camadas protetoras resistentes aos compostos formados); Desenvolvimento de fungos e bolores (reparação – limpeza com água e, se necessário, com biocida, devendo-se evitar a criação de condições que possam favorecer a sua fixação); Fantasmas (reparação – limpeza da superfície e a aplicação de

uma nova camada de acabamento ou, em alternativa, a aplicação de um revestimento de isolamento térmico no caso de se pretender reabilitar o edifício do ponto de vista do isolamento térmico).

3.5. Medidas preventivas/corretivas relativamente revestimentos por pintura das paredes

3.5.1. *Medidas preventivas*

O bom desempenho de um revestimento por pintura, qualquer que seja o motivo da sua aplicação, depende de vários fatores: qualidade da tinta ou produto similar; adequada seleção em função das características do substrato e do ambiente de exposição; qualidade da aplicação, incluindo a preparação da tinta segundo as instruções do fabricante; condições da base de aplicação e adequada preparação; condições ambientais ou atmosféricas na altura da aplicação. O comportamento em serviço do revestimento depende do conjunto desses parâmetros que funcionam de um modo aditivo, pelo que a mais eficaz medida preventiva de aparecimento precoce de defeitos de pintura passa por: conhecer a natureza do substrato a pintar de modo a efetuar uma escolha adequada do tipo de tinta; executar um trabalho de preparação da superfície adequado; aplicar e preparar a tinta convenientemente (seguindo as instruções da ficha técnica e outras recomendações do fabricante); proceder à aplicação da tinta/esquema de pintura em condições ambientais favoráveis (por exemplo, não aplicar em tempo chuvoso). Importa também referir que frequentemente as falhas são resultantes de defeitos de construção (por exemplo de heterogeneidade do substrato - deficiências na espessura dos rebocos, irregularidade de planeza), ou de aspetos construtivos que prejudicam o bom desempenho dos revestimentos por pintura (remates em juntas imperfeitos, ausência de capeamentos, parapeitos desprotegidos), ou ainda relacionados com a presença de água (infiltrações, ascensão de água por capilaridade, caleiras junto às coberturas não mantidas ou defeituosas). A presença de algerozes, beirados e outros elementos que facilitem o escoamento da água, sem escorrimento pelas paredes, são exemplos de outras medidas preventivas ao nível da construção que contribuem para o desempenho do revestimento por pintura. Para prevenir o aparecimento de anomalias nos revestimentos por pintura aplicados em paramentos exteriores de edifícios, há necessidade de promover:

- A sensibilização do projetista para a influência, do design da obra, na durabilidade do revestimento por pintura pretendido;
- A sensibilização do fabricante/serviços comerciais para a necessidade de conhecer o comportamento dos materiais atualmente usados na construção e a sua intersecção com o projeto e para a caracterização dos produtos de pintura segundo a normalização europeia ou nacional aplicável;
- A sensibilização do dono de obra/projetista para a possibilidade de alteração do plano de pinturas inicialmente proposto em função de especificidades da obra.
- A elaboração das características exigenciais para os esquemas de pintura de acordo com as bases e condições de aplicação, para inclusão em caderno de encargos;
- A sensibilização dos empreiteiros para a utilização correta dos produtos;
- O acompanhamento da pintura pela assistência técnica dos fabricantes, em casos especiais, ou em grandes obras;
- A inspeção/fiscalização não só durante o processo de pintura, mas também do estado dos suportes antes da pintura. Se for caso disso, deverá estar envolvido o fabricante da tinta (grandes obras, condições especiais de aplicação);
- A apresentação de fichas técnicas dos produtos com indicações específicas e claras de utilização.

Encontram-se já disponíveis alguns documentos normativos que propõem uma metodologia que fornece, ao projetista ou dono de obra, uma base para definir algumas exigências em cadernos de encargos, referentes às características de produtos de pintura para utilização nos diferentes tipos de substratos usados em construção

civil, nomeadamente em paredes interiores (NP EN 13300 e NP 4378) e exteriores (NP EN 1062-1, NP 4505 e NP 4504) e na proteção do betão (EN 1504). A norma europeia NP EN 13300 define os métodos de ensaio e apresenta um esquema de classificação dos revestimentos por pintura de base aquosa para superfícies interiores de edifícios, quanto ao grau de brilho, à dimensão de maior grão, à resistência à esfrega e ao poder de cobertura, mas não estabelece os requisitos mínimos para as características principais. Por essa razão foi elaborada a norma nacional NP 4378 que, para além de apresentar uma classificação das tintas quanto ao brilho e à resistência à lavagem e à esfrega, especifica valores mínimos para a resistência à lavagem e poder de cobertura e inclui outras características essenciais e respetivos valores mínimos (resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos e resistência à fissuração a espessuras elevadas).

Da mesma forma, a norma europeia NP EN 1062-1 define os métodos de ensaio e apresenta um esquema de classificação dos revestimentos por pintura para rebocos e betão no exterior, quanto ao grau de brilho, à espessura da película seca, à dimensão de maior grão, à permeabilidade ao vapor de água, à permeabilidade à água, à permeabilidade ao dióxido de carbono e à capacidade do revestimento para acompanhar a fissuração do substrato, mas não define requisitos mínimos para as características principais. Em contrapartida, as normas nacionais NP 4504 e a NP 4505 que, para além de apresentar uma classificação das tintas (elastoméricas e não elastoméricas, respetivamente), incluem a avaliação e o estabelecimento de requisitos mínimos para as características, designadamente o poder de cobertura (no caso dos revestimentos serem lisos), a permeabilidade ao vapor de água, a permeabilidade à água, a aderência, a resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos, a resistência ao envelhecimento artificial acelerado e ainda a resistência aos fungos e às algas. Para as tintas elastoméricas prevê-se, ainda, a realização dos ensaios de determinação da resistência do revestimento à fissuração do substrato e da resistência a baixas temperaturas. A utilização de produtos de pintura devidamente caracterizados permite uma seleção informada para compatibilizar o produto com o substrato a que vai ser aplicado, sendo uma forma de prevenção de anomalias no desempenho dos revestimentos por pintura.

3.5.2. *Medidas corretivas*

No caso de revestimentos por pintura degradados, a medida corretiva passa pela repintura. Essa ação deve ser precedida por uma inspeção preliminar que permita verificar se é necessário algum tipo de trabalho preparatório especificamente adaptado à natureza do substrato subjacente à camada de tinta.

Independentemente de quaisquer possíveis reparações estruturais, as superfícies reparadas devem ser compatíveis com as anteriores. Os trabalhos podem incluir, em particular, operações de aplicação localizada de argamassas ou de materiais de preenchimento (fissuras, falhas de reboco). O tipo de reparação a efetuar numa superfície pintada degradada vai depender do tipo de defeitos que a pintura apresenta, da sua intensidade e frequência, e se o aparecimento dos defeitos ocorreu precocemente ou apenas após o tempo de vida esperado. Neste caso, o revestimento por pintura cumpriu a sua função e deve proceder-se à repintura da superfície - de preferência com um esquema de pintura igual ou equivalente ao aplicado. No caso do aparecimento precoce de defeitos de pintura, em primeiro lugar deve procurar-se conhecer a causa de aparecimento do defeito e eliminá-la, antes da repintura. Antes de se aplicar o novo esquema de pintura, a preparação da base poderá consistir numa ou várias das seguintes operações: remoção total de toda a tinta aplicada (por exemplo, por decapagem com jato de água abrasivo); Remoção parcial, apenas nas zonas com tinta degradada; escovagem do revestimento por pintura; Lavagem com água fria ou quente, com ou sem detergentes (revestimento pulverulento, com sujidades); lavagem com fungicida ou algicida (revestimentos com fungos ou algas).

Durante a realização das operações selecionadas, deve verificar-se se o substrato subjacente está degradado (fissurado, com fendas, friável ou com fraca coesão) e, em caso afirmativo, deve ser convenientemente reparado antes da repintura. Se for decidido que a repintura é sobre o revestimento por pintura existente, a aderência do mesmo ao substrato deve ser verificada, fazendo ensaios de aderência (por exemplo, pelo método da quadrícula

segundo a NP EN ISO 2409), em algumas áreas de ensaio. Igualmente, pode ser útil definir áreas de referência onde se pode avaliar a aderência e a compatibilidade entre a nova camada de tinta e o antigo revestimento por pintura.

4. GARANTIA DE CARACTERÍSTICAS DE DURABILIDADE ADEQUADA NAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO E DE REPARAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL

4.1. Elementos de informação relevantes a registar após a conclusão das ações de reparação/reabilitação

Para uma verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, importa identificar quais os elementos de informação relevantes a registar sobre as características de durabilidade, dos elementos de construção, conferidas após a conclusão das ações de reparação/reabilitação. Como o campo de análise é muito vasto, pretende-se aqui concentrar a atenção sobre as ações de reparação de elementos estruturais de betão e nos revestimentos de pintura aplicados sobre paramentos exteriores de paredes de alvenaria e de elementos de betão, constituídos por revestimentos de impermeabilização de ligante sintético, aplicados sobre paramentos ligeiramente fendilhados (revestimentos usualmente constituídos essencialmente por uma resina com base num polímero acrílico estirenado em dispersão aquosa - visa-se considerar, sobretudo, os edifícios de valor patrimonial que, embora não classificados, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública). Uma boa gestão dos bens edificados pressupõe a existência e a atualização constante de toda a informação relativa aos edifícios, assim como do seu estado de conservação e do seu uso. Bonetto (Bonetto e Sauce, 2005) refere a necessidade de ser organizado um documento (Dossier des ouvrages exécutés – DOE) contendo todo o historial das obras realizadas nos edifícios.

Em Portugal, o artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro de 2003, refere que o dono da obra deve elaborar ou mandar elaborar uma compilação técnica da obra que inclua os elementos úteis a ter em conta na sua utilização futura, bem como em trabalhos posteriores à sua conclusão, para preservar a segurança e saúde de quem os executar. Este documento deve conter, nomeadamente, informações técnicas relativas ao projeto geral e aos projetos das diversas especialidades, incluindo as memórias descritivas, projeto de execução e telas finais, que refiram os aspetos estruturais, as redes técnicas e os sistemas e materiais utilizados que sejam relevantes para a prevenção de riscos profissionais; informações técnicas respeitantes aos equipamentos instalados que sejam relevantes para a prevenção dos riscos da sua utilização, conservação e manutenção; informações úteis para a planificação da segurança e saúde na realização de trabalhos em locais da obra edificada cujo acesso e circulação apresentem riscos. Em intervenções posteriores que não consistam na conservação, reparação, limpeza da obra, ou outras que afetem as suas características e as condições de execução de trabalhos ulteriores, o dono da obra deve assegurar que a compilação técnica seja atualizada com os elementos relevantes.

Em edifícios EVPba este tipo de informação não existe pelo que, ao longo dos anos, se deve procurar compilar a informação do edifício à medida que forem realizadas intervenções no edifício, podendo a documentação ser organizada à semelhança do referido a propósito da compilação técnica. O resultado do planeamento das atividades de manutenção de um edifício encontra-se geralmente documentado no chamado Plano de Manutenção. Para a elaboração deste documento, deve ter-se em conta os resultados da avaliação do estado de conservação dos edifícios, dos objetivos pretendidos, da estratégia de manutenção e das prioridades de intervenção estabelecidas pelo proprietário ou gestor do edifício. O plano de manutenção é organizado, geralmente, de acordo com a decomposição do edifício em elementos e sistemas e deve definir (Raposo *et al.*, 2011): os procedimentos de inspeção periódica e a respetiva frequência; o cronograma das intervenções e das inspeções; relação dos métodos utilizados nas intervenções de manutenção e das inspeções (materiais e

equipamento); aspetos de segurança e saúde na realização dos trabalhos de manutenção, operadores afetos à execução dos diversos tipos de trabalhos; subcontratações, critérios de medição e controlo das atividades e as relações entre as estimativas dos custos de manutenção e o custo total de manutenção. As atividades de manutenção devem ser definidas de forma a reduzir a necessidade de sucessivas intervenções, minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso e exploração dos edifícios e o inverso e otimizar o aproveitamento de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

4.2. Avaliação da potencial utilização de técnicas não destrutivas (NDT) no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação

Pretende-se aqui avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas, em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria, no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as características de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial (Dias *et al.*, 2018). Essa metodologia é desenvolvida com vista a posterior utilização no âmbito de apoio às ações de inspeção e subsequente manutenção desse tipo de edifícios de valor patrimonial. As observações de anomalias relativas a deficiências no âmbito das ações de reparação dependem da informação existente e do conhecimento e da experiência do observador. A deteção de anomalias baseada em imagem automática pode ser uma ferramenta complementar para a inspeção visual. A respetiva análise pode basear-se em técnicas de processamento digital de imagem (PDI), eventualmente mais objetivas e com maior precisão (Dias *et al.*, 2017). A deteção automatizada de anomalias, baseada em técnicas de processamento de imagem, pode ser feita utilizando técnicas não-destrutivas (NDT), designadamente: Termografia de infravermelhos (TIV); Ultrassons (US); Fotogrametria terrestre, aérea (esta usando um veículo aéreo não tripulado – VANT – vulgo *drone*) ou mista. A Fotogrametria pode ser utilizada para obter as informações sobre o edifício, designadamente sobre as suas fachadas (informações geométricas: posição, tamanho e forma) e a zona reparada onde existiam anomalias. Basicamente, é efetuado um levantamento fotográfico da superfície de forma a poder reconstituir a superfície fotografada utilizando *software* fotogramétrico.

No caso das ações de reparação de elementos estruturais de betão, em particular com a aplicação de revestimentos de impermeabilização de ligante sintético (comumente constituído essencialmente por uma resina com base num polímero acrílico estirenado em dispersão aquosa), para avaliar a qualidade de execução da reparação do betão, pode-se utilizar a Fotogrametria para analisar a superfície reparada de betão e a eficácia da ação de reparação, sendo ainda de interesse, caso possível, estimar, em particular, as seguintes propriedades do betão: a espessura do betão de recobrimento das armaduras; a resistência à compressão do betão; revestimento de impermeabilização de ligante sintético aplicado sobre a superfície de betão. Saliente-se que a técnica dos Ultrassons pode ser utilizada em elementos de betão para avaliar: a uniformidade do betão; a presença de fendas e de vazios; alterações nas propriedades com o tempo; e para estimar, *in situ*, a resistência de elementos de betão. O revestimento de impermeabilização de ligante sintético, para paramentos exteriores de paredes de alvenaria, após prévio estudo ponderado da viabilidade da sua aplicação num determinado edifício recente de valor patrimonial, pode ser adequado para utilização como tratamento curativo de paredes, as quais, por se encontrarem fendilhadas, apresentam deficiências de estanquidade à água. A reparação localizada dos paramentos deve ser efetuada recorrendo a nova aplicação do mesmo revestimento na zona a reparar, após extração do revestimento antigo por escovagem ou raspagem, seguida de limpeza e aplicação de primário na zona a reparar. Para que a reparação não resulte esteticamente inaceitável, convém que essa operação não se confine à zona afetada, mas que se estenda a uma área maior. É ainda necessário que a cor seja perfeitamente afinada e que as zonas de contacto entre os dois materiais de idades diferentes sejam cuidadosamente tratadas. Assim, convirá analisar, em particular, os seguintes aspetos relativos à eficácia de reparação das fachadas com

anomalias, através da aplicação destes revestimentos: adequada permeabilidade ao vapor de água, não constituindo barreira, no que se refere a aplicações em edifícios correntes, à normal realização das trocas higrotérmicas; resistência à tração adequada e boa capacidade de alongamento mesmo após envelhecimento; adequada resistência às ações de degradação (quer climáticas quer mecânicas), ao desenvolvimento de fungos, e à fixação de sujidade.

Para analisar os aspetos acima referidos relativos à eficácia de reparação das fachadas, incluindo o aspeto estético final das fachadas, é fundamental conciliar as potencialidades das NDTs. Refira-se que a Termografia de Infravermelhos (TIV), em conjunto com a Fotogrametria, podem, eventualmente, ser utilizadas na análise de zonas degradadas onde ocorreram anomalias nos revestimentos. A TIV permite detetar e identificar zonas de não-homogeneidade térmica através de “imagens térmicas” (termogramas) que possibilitam a caracterização do estado do elemento, designadamente: identificação dos materiais; deteção de destacamento no revestimento de parede; localização de descontinuidades na superfície (fendas internas e fissuras); avaliação da distribuição do teor de humidade na parede.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisaram-se, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, atrás descritos, no contexto da respetiva manutenção e reparação. No final, avaliou-se a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios.

REFERÊNCIAS

- LNEC, 2009 – **Regras para a concessão de Documentos de Aplicação a revestimentos por pintura para protecção de superfícies de betão em condições de exposição atmosférica**. Lisboa: LNEC - Proc. 0203/01/15740. Relatório 162/2009- DM/NMO (disponível em http://www.lnec.pt/fotos/editor2/QPE/regras_da_tintasbetao_net.pdf).
- BONETTO, R.; SAUCE, G., 2005 – **Gestion du Patrimoine immobilier – Les activités de references. Version 2**. CSTB – Département Technologies de l’Information et Diffusion du Savoir; Université de Savoie.
- DIAS, J. L. Miranda, 2010 – **Durabilidade de edifícios com estrutura reticulada de betão armado associada a paredes de alvenaria de preenchimento**. Comunicação ao BE2010 – Encontro Nacional de Betão Estrutural 2010. Lisboa: LNEC.
- DIAS, J. L. Miranda; MATIAS, Luís M.; HENRIQUES, Maria João; RIBEIRO, Maria Sofia; SANTOS, T. O., 2017 - **Combined use of non-destructive methods for the assessment of facades anomalies of heritage buildings with structural concrete elements**. INGEO 2017 – 7th International Conference on Engineering Surveying. Lisbon: LNEC.
- DIAS, J. L. Miranda; MATIAS, Luís M.; HENRIQUES, Maria João; RIBEIRO, Maria Sofia; RAPOSO, Sónia, 2018 – **NDT techniques for the analysis of anomalies related with durability – Heritage buildings with masonry walls and confining concrete elements**. Congresso Betão Estrutural 2018 (BE2018). Lisboa: LNEC.
- EUSÉBIO, M. Isabel; RODRIGUES, M. Paula, 2010 – **Anomalias em pinturas de paramentos exteriores e interiores de paredes de alvenaria e respectivas soluções de reparação**. Caderno de Edifícios, CAD 5. Lisboa: LNEC.
- LACASSE, M. A., 2003 - **Durability and performance of building envelopes**. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction (IRC) Building Science Insight 2003 Seminar Series, pp. 1-6.

Medidas preventivas e corretivas de anomalias relacionadas com a durabilidade de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado

RAPOSO, Sónia; FONSECA, Manuel; BRITO, Jorge, 2011 – **Planned preventive maintenance activities – Analyses of guidance documents**. XII DBMC - 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components - Vol.I. FEUP: Porto

SALTA, Manuela, 2013 – **Estruturas de betão: Fatores e requisitos de durabilidade**. Seminário DuratiNet “Manutenção e Reparação de Estruturas”. Lisboa: LNEC.

SILVA, A. Santos; REIS, M. O. Braga, 2000 – **Metodologia de diagnóstico da ocorrência de reações expansivas de origem interna em estruturas de betão**. Atas do REPAR 2000 – Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: LNEC, pp. 335-343.

VEIGA, M. Rosário, 2010 – **Patologia e reparação de revestimentos de paredes**. Caderno Edifícios, CAD 5. Lisboa: LNEC. pag. 135 a 159. ISBN 978-972-49-2197-6.