

Levantamento estatístico da inspecção, diagnóstico e reparação de revestimentos por pinturas em fachadas rebocadas

R. Pires^a, J. Brito^{a†}, B. Amaro^a, C. Pereira^a

^a Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa (UL), Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal

[†] Autor para correspondência: jb@civil.ist.utl.pt

RESUMO

No presente artigo, expõe-se o estudo estatístico efectuado sobre a patologia de revestimentos por pintura em fachadas rebocadas, realizado com base na inspecção de 105 fachadas pintadas, na área metropolitana de Lisboa, Portugal. Dos 41 edifícios inspecionados, 88% encontram-se em áreas de desenvolvimento urbano da segunda metade do séc. XX. As fachadas foram seleccionadas por terem, pelo menos, 50% de área pintada sobre reboco e uma anomalia observável. Estudaram-se as tipologias de anomalia mais frequentes em revestimentos por pintura, as suas causas mais prováveis, as técnicas e ensaios adequados e técnicas de reparação necessárias, tendo por base a classificação definida no sistema de inspecção, diagnóstico e reparação correspondente. Esse sistema foi desenvolvido para simplificar e facilitar o processo de inspecção. Avaliaram-se também alguns parâmetros condicionantes, permitindo aportar informação sobre as principais sensibilidades deste tipo de revestimento e contribuindo para o conhecimento actual sobre prevenção de anomalia e intervenção sobre as mesmas.

Cronologia do artigo:

Recebido a 29 dezembro 2016
Corrigido a 12 fevereiro 2020
Aceite a 09 abril 2020
Publicado 08 maio 2020

Palavras-chave:

Inspecção
Diagnóstico
Reparação
Fachadas rebocadas pintadas

1. Introdução

No âmbito da construção a pintura, é uma técnica utilizada como revestimento de paredes, não só pela função decorativa, mas também pela sua capacidade protectora. Hoje em dia, existe um mercado composto de milhares de produtos, com as mais variadas formulações e funções, acompanhando as diversas e crescentes exigências impostas aos revestimentos de edifícios. O âmbito de aplicação do presente artigo insere-se especificamente nos revestimentos por pintura em fachadas rebocadas, uma vez que é o tipo de substrato mais comum em Portugal.

O conhecimento actual sobre tintas é extenso, estando já normalizadas as terminologias associadas na EN ISO 4618:2014 e os procedimentos para avaliação da degradação nas normas NP EN 1062-1:2009; NP EN ISO 2808:2011; NP EN 1062-7:2015; NP ISO 15184:2016; NP EN ISO 4628:2018; e ASTM D661-93(2019). Adicionalmente, vários autores têm publicado documentos centrados neste tipo de revestimento, como Daniotti (2001), Aberle *et al.* (2007), Araújo *et al.* (2008), Flores-Colen *et al.* (2008), Eusébio e Rodrigues (2010), entre outros (Marques e Rodrigues, 2000; Rodrigues *et al.*, 2006; Gaylard *et al.*, 2011; Dias *et al.*, 2014), assim como em métodos de reparação do mesmo (Chapman, 2000; Rodrigues *et al.*, 2006; Carmona-Quiroga *et al.*, 2010; ASTM E1857 - 97(2013)e1, Moura *et al.*, 2016). No entanto, nota-se na documentação publicada alguma carência de informação estatística relevante, principalmente ao nível de patologia. Constata-se, simultaneamente, a falta de um método sistémico para aplicação da terminologia adequada, que permita determinar indubitavelmente a técnica de diagnóstico e de reparação mais adequada, em cada caso. Considera-se que, de forma a prevenir o encurtamento da vida útil dos substratos e dos próprios revestimentos, é necessário, para além dos cuidados nas fases de projecto e execução, planear acções de manutenção regulares e campanhas de inspecção e diagnóstico dos revestimentos por pintura.

Nesse sentido, desenvolveu-se um método que pretende contribuir para a sistematização das inspecções a revestimentos por pintura (Pires *et al.*, 2013), através da criação de um sistema claro de identificação de anomalias e causas associadas, entendimento da adequação dos métodos de diagnóstico existentes e recomendações de reparação de anomalias, tendo em vista o desenvolvimento de ferramentas informáticas modulares de apoio à inspecção e decisão. Este tipo de método insere-se num

conjunto mais alargado de trabalhos que visam o desenvolvimento e implementação de uma ferramenta informática de apoio à inspecção de elementos não estruturais (de Brito, 2009; Silvestre e de Brito, 2009; Pereira *et al.*, 2011; Sá *et al.*, 2015).

A sistematização e simplificação do processo de inspecção providencia a disponibilização de um conjunto de ferramentas de auxílio, como listas classificativas de patologia, que pretendem enquadrar as tipologias de anomalias (a detectar visualmente), causas, ensaios e técnicas de reparação numa classificação simples e universal. Com base nas classificações, apresentam-se matrizes de correlação entre as referidas variáveis (anomalias-causas, inter-anomalias, anomalias-técnicas de diagnóstico e anomalias-técnicas de reparação) e, finalmente, fichas individuais que compilam toda a informação relevante. Estas ferramentas seguem a linguagem classificativa definida nas respectivas listas, procurando respeitar as terminologias já normalizadas. Pretende-se que, com a sua utilização, se padronizem as designações atribuídas a cada variável e se simplifique o processo, para todos os casos de inspecção, independentemente do inspector encarregado ou da localização da inspecção. É importante que as inspecções sejam feitas de acordo com procedimentos uniformes e as observações sejam registadas de acordo com padrões invariáveis, de modo a obter resultados fiáveis, não variáveis de acordo com a experiência e conhecimento do inspector. O modo e a forma da inspecção também não devem variar de edifício para edifício, devendo normalizar-se a observação das anomalias. Neste caso, os resultados variam de edifício para edifício, mas a forma dos registos deve manter-se uniforme.

Para validar a aplicação prática do sistema de inspecção, diagnóstico e reparação desenvolvido para revestimentos por pintura, foi conduzido um trabalho experimental numa amostra real de 105 fachadas pintadas.

O presente artigo foca-se na análise estatística feita a partir das observações realizadas no referido trabalho de campo. A inspecção possui carácter visual, sem que se tenham realizado ensaios ou reparado anomalias, por razões económicas, tendo-se apenas realizado uma análise qualitativa da patologia, recomendando as técnicas de diagnóstico auxiliares mais adequadas e o tipo de reparação mais conveniente.

Os dados recolhidos em campo permitem uma perfeita caracterização tanto da fachada, como da sua envolvente e da patologia detectada e, nesse sentido, após a sua análise estatística, foi possível retirar conclusões sobre as principais sensibilidades e os variados parâmetros que podem contribuir para a degradação do revestimento por pintura.

2. Caracterização da amostra

O trabalho de campo consistiu na inspecção de 105 fachadas rebocadas, revestidas por pintura, pertencentes a 41 edifícios, tendo-se observado cerca de 30 000 m² de superfície de fachada, dos quais 30% correspondem a aberturas na fachada, sendo a área inspeccionada efectiva correspondente (pintada) de 21 130 m².

A amostra distribui-se geograficamente pela grande Lisboa, território que inclui os concelhos limítrofes (Almada, Amadora, Oeiras e Sintra). A amostra encontra-se distribuída por zonas diferenciadas, predominantemente com desenvolvimento urbano na segunda metade do séc. XX (88%). 7% da amostra de edifícios encontra-se em zonas de expansão anteriores ao séc. XX (neste caso, Bairro Alto). Dentro deste território, seleccionaram-se edifícios com condições para a inspecção, procurando abranger diversos tipos de exposição à humidade e à poluição, idade da construção e estado de conservação geral. As fachadas inspeccionadas deveriam (i) ser revestidas por pintura sobre reboco em, pelo menos, 50% da sua área (excluindo vãos) e (ii) ter, pelo menos, uma anomalia observável.

A distribuição das fachadas quanto à orientação solar é apresentada na Figura 1. A distribuição é sensivelmente homogénea, ainda que a quantidade de fachadas orientadas a Sul esteja em ligeira minoria. Mais adiante, estuda-se a influência deste parâmetro na patologia.

Atendendo a trabalhos realizados por outros autores, nomeadamente Garrido *et al.* (2012) e Chai *et al.* (2011), que desenvolveram modelos de degradação para previsão da vida útil de pinturas em fachadas, não se avalia aqui a influência da idade da pintura no nível de degradação, pois os trabalhos referidos já fazem essa análise em profundidade.

Na amostra, há uma clara predominância das superfícies texturadas sobre as lisas (Figura 2). Não tendo sido critério de selecção / exclusão para as inspecções, é um parâmetro directamente associado com alguns estados patológicos.

Todas as inspecções se realizaram em boas condições de iluminação natural, nunca em períodos de penumbra ou ocaso. Em termos de condições meteorológicas, foram evitados dias de chuva intensa, que poderiam eventualmente ocultar ou dificultar a detecção de certas anomalias tipicamente aparentes em

tempo seco, como são os casos das eflorescências e das descolorações.

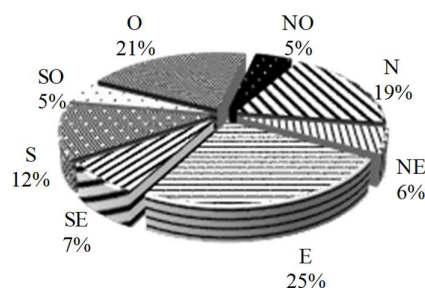


Figura 1 - Distribuição das fachadas inspeccionadas segundo a sua orientação.

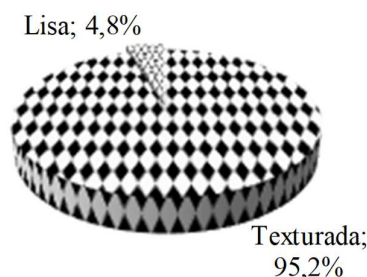


Figura 2 - Distribuição das fachadas inspeccionadas segundo o tipo de superfície (texturada ou lisa).

O preenchimento das fichas de inspecção e validação foi acompanhado de meios de orientação geográfica, nomeadamente um aparelho de posicionamento GPS, fita métrica, régua e máquina fotográfica digital. Todas as leituras e medições foram feitas *in situ*, com recurso ao equipamento enunciado e com o grau de exactidão que a proximidade e o acesso às fachadas permitiram.

3. Análise estatística

Os resultados estatísticos apresentados e a sua análise seguem a classificação do sistema de inspecção, diagnóstico e reparação desenvolvido (Pires *et al.*, 2013). Neste sentido, todas as anomalias, causas, técnicas de diagnóstico e técnicas de reparação são mencionadas segundo a sua designação no sistema e correspondente acrónimo.

A lista classificativa de anomalias (Pires *et al.*, 2013) é composta por 14 tipologias de anomalia determinadas segundo o seu carácter visual, divididas em 5 grupos, dependendo da forma de manifestação da anomalia: perda de aderência ao substrato (A-A); perda de coesão (A-C); alteração da cor (A-Co); presença de manchas (A-M) ou alterações na textura (A-T). Na presente análise, estuda-se a correlação entre anomalias e causas, assim como alguns parâmetros de influência na degradação. As causas podem distinguir-se entre directas e indirectas, sendo que as primeiras constituem condição necessária e suficiente para o desenvolvimento das anomalias e as segundas são complementares e sinérgicas. Separadamente, inclui-se uma análise tanto para os resultados obtidos das técnicas de diagnóstico como para as técnicas de reparação.

3.1. Anomalias de aderência ao substrato (A-A)

No sistema classificativo proposto, existem duas tipologias de defeitos relacionados com a aderência da pintura (A-A), designadamente: A-A1 Destacamento e A-A2 Empolamento.

O destacamento da pintura (A-A1), alternativamente designado de delaminação, despelamento ou exfoliação consiste na separação espontânea da película da sua base de aplicação, em superfícies limitadas. Em geral, os destacamentos ocorrem por perda de aderência entre o sistema de pintura e o reboco, sendo mais raras as ocorrências de perda de aderência entre camadas do revestimento por pintura. Segundo a Figura 3, que representa a frequência das anomalias verificadas em campo, registaram-se destacamentos (A-A1) com uma frequência de 25,7%, podendo interpretar-se este valor como a probabilidade de ocorrência da dita anomalia numa fachada, ou seja, uma em cada quatro fachadas. O peso desta anomalia na amostra é de 8% (Figura 4).

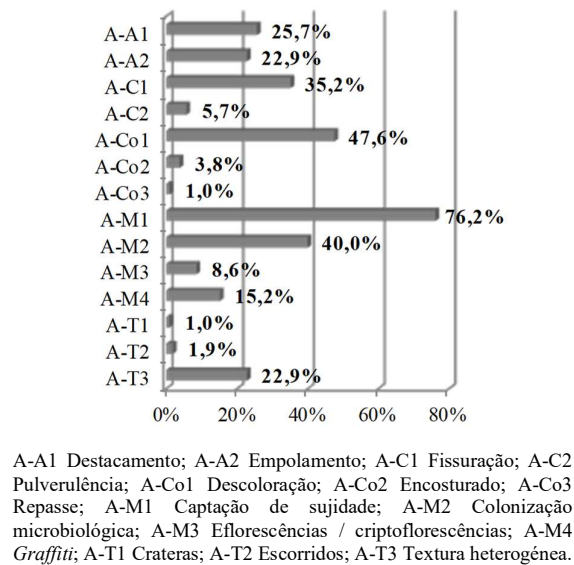


Figura 3 - Frequência relativa das anomalias identificadas (relativas ao número de fachadas inspeccionadas).

“Empolamento” (A-A2) é o termo utilizado para designar a deformação convexa da película (ilusão de “bolhas”). Este fenómeno surge a partir de um destacamento localizado de uma ou mais camadas do revestimento por pintura, verificando-se com uma frequência de 22,9% (Figura 3).

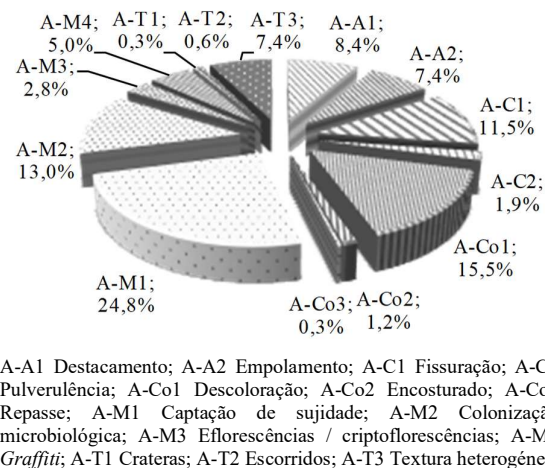
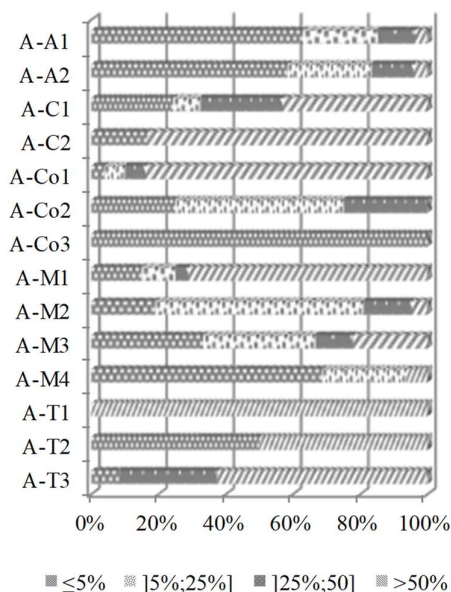


Figura 4 - Frequência relativa das anomalias no total de anomalias observadas na amostra.

Para ambas as anomalias, existe uma relação directa entre a extensão da superfície afectada e a gravidade (nível de urgência de intervenção) atribuída. A Figura 5 apresenta a frequência de anomalias detectadas de acordo com a área de fachada pintada afectada. Assim, definem-se quatro níveis (menor do que 5%, entre 5% e 25%, entre 25% e 50% e maior do que 50%) e, para cada anomalia, apresenta-se o gráfico da frequência relativa das observações. A anomalia A-A1 apresenta cerca de 60% dos casos com uma área afectada inferior a 5% e a anomalia A-A2 apresenta um número de casos superior a 50% com área afectada inferior a 5%. A Figura 6 apresenta a distribuição de observações de acordo com o nível de gravidade da anomalia detectada. Definem-se três níveis, em que 2 é o mais grave (intervenção imediata) e 0 o menos grave (monitorização da anomalia). Verifica-se que as anomalias A-A1 e A-A2 apresentam uma frequência de casos com nível de gravidade 2 equivalente ao número de casos com área superior a 5%. De facto, comparando as Figuras 5 e 6, pode-se concluir que, para valores de área afectada superiores a 5%, se considera que há urgência na reparação (nível 2), sendo que isto ocorre com uma frequência de 37%, no caso dos destacamentos (A-A1) e de 42% em empolamentos (A-A2).

Nas Figuras 7 e 8, está representada a contribuição de cada tipo de causa para a ocorrência de

destacamentos (A-A1) e empolamentos (A-A2), respectivamente. As condições que propiciam o desenvolvimento destes fenómenos relacionam-se com a presença de água (C-A4 Humidade interna e C-A5 Água exterior), visto que a humidade existente no interior das paredes, qualquer que seja a sua fonte, assim como a água da chuva ajudam à desagregação dos materiais e propagação rápida da anomalia. No caso dos empolamentos, regista-se que a causa C-A5 é menos influente do que para os destacamentos, uma vez que a penetração da água da chuva na película ou entre a película e o substrato não se verifica em tantos casos (75% para empolamentos e 88% para destacamentos).



A-A1 Destacamento; A-A2 Empolamento; A-C1 Fissuração; A-C2 Pulverulência; A-Co1 Descoloração; A-Co2 Encosturado; A-Co3 Repasse; A-M1 Captação de sujidade; A-M2 Colonização microbiológica; A-M3 Eflorescências / criptoflorescências; A-M4 *Graffiti*; A-T1 Crateras; A-T2 Escorridos; A-T3 Textura heterogênea.

Figura 5 - Extensão da anomalia relativamente à área total de fachada pintada.

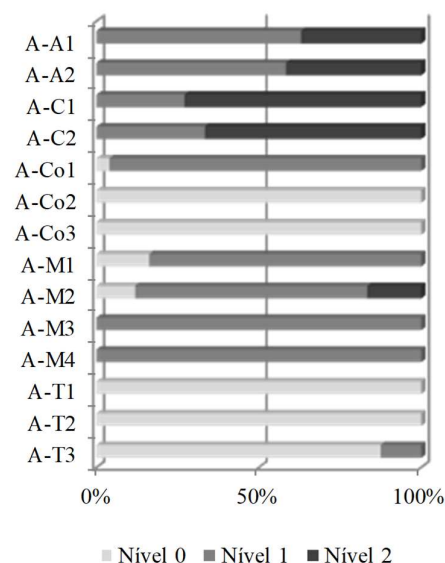
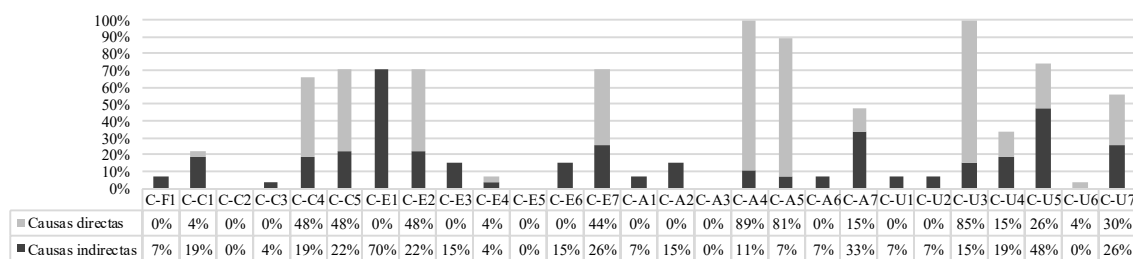


Figura 6 - Níveis de gravidade / urgência de intervenção de cada anomalia.

A falta de aderência entre materiais pode ainda dever-se à incompatibilidade entre o suporte e a tinta aplicada. Nesse caso, são causas directas mais prováveis C-C4 Prescrição incorrecta / omissa do tratamento prévio do substrato, C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte e/ou C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente.

Observou-se que grande parte destas anomalias ocorre perto de remates, geralmente incipientes

ou já degradados, ou de vãos com deficiências ao nível do encaminhamento da água da chuva, acabando esta por se imiscuir na película, formando empolamentos que posteriormente dão lugar a destacamentos. Dado que o destacamento é uma evolução do empolamento, o intervalo temporal desde o início do processo de degradação e o destacamento da película é, em princípio, bastante dilatado, pode considerar-se a carência de manutenção do sistema de pintura como responsável pelo aparecimento das anomalias (C-U3 Manutenção ausente / inadequada).



C-FI Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C2 Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbacteriológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 7 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A1 Destacamento.

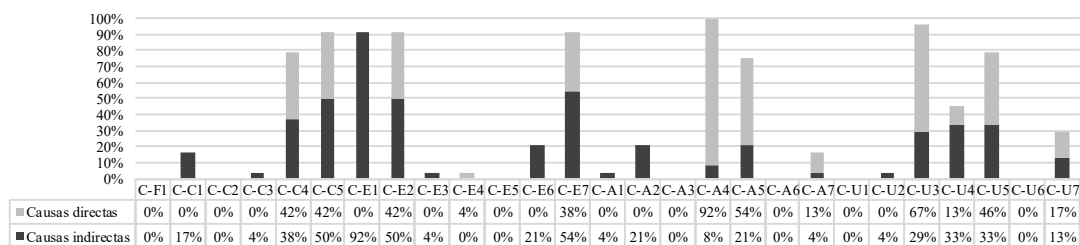


Figura 8 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-A2 Empolamento.

Deve ainda destacar-se a influência da causa C-E1 Incumprimento do caderno de encargos, ou seja, inconformidade entre a prescrição e a execução, em qualquer dos requisitos impostos no documento para ocorrência das anomalias A-A1 e A-A2 enquanto causa indirecta. A relevância desta causa, apresentada nas Figuras 7 e 8, vem realçar a importância da execução dos trabalhos de acordo com o foi preconizado em projecto, principalmente em anomalias em que há uma grande influência das condições do suporte aquando da aplicação do acabamento.

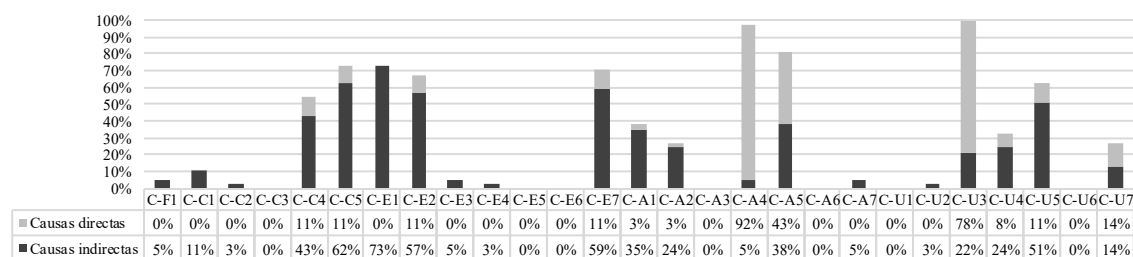
3.2. Anomalias de coesão (A-C)

Designam-se anomalias de coesão (A-C) as que afectam as características físicas da tinta, sem que haja separação relativamente ao suporte. Neste sentido, este grupo de anomalias engloba a fissuração (A-C1) e pulverulência (A-C2).

A fissuração, também chamada de fendilhamento, estaladura ou rachamento, consiste na rotura da película de pintura e pode manifestar-se de variadas formas, consoante o tipo de causa. Em geral, uma parede revestida por pintura pode fissurar devido a três tipos de fenómeno: estrutural; não estrutural, com origem nas camadas de substrato ou; não estrutural, afectando apenas o revestimento por pintura. A determinação e resolução das causas de fissuração de origem estrutural (movimentos do terreno, instabilidade da estrutura portante a novas sobrecargas ou alterações geométricas, entre outras) não são contempladas neste artigo, uma vez que implicam um estudo mais aprofundado do comportamento estrutural do edifício. Não obstante, foram estudadas as transmissões de fissuração do suporte à película, de carácter não estrutural, impostos por deslocamentos diferenciais, expansões ou contracções da estrutura ou dos painéis de alvenaria, entre outros. Estes casos são facilmente identificáveis pela zona onde se localizam, normalmente junto a vãos e remates, onde se dá a passagem da estrutura para os

painéis de alvenaria ou para as cantarias. Segundo o trabalho de campo, a origem da fissuração observada dá-se em 89% dos casos no suporte.

Neste sentido, verificou-se que a deficiente preparação do substrato (C-C4 Prescrição incorrecta / omissa do tratamento prévio do substrato, C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte, C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente), o inadequado encaminhamento da água da chuva (C-A5) e a humidade interna das paredes (C-A4) são factores decisivos no aparecimento desta anomalia (Figura 9). Adicionalmente, a manutenção ausente / inadequada (C-U3) também se revela determinante quando está em causa a possibilidade de ocorrência de fissuração.



C-F1 Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C: Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbacteriológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 9 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-C1 Fissuração.

Segundo a Figura 4, que relaciona a contribuição de cada anomalia no total da amostra, a fissuração (A-C1) é a 4ª anomalia mais frequente, correspondendo a 11,5% da totalidade de ocorrências e a uma probabilidade de se desenvolver numa fachada de 35,2%, segundo a Figura 3.

Relativamente à influência da orientação das fachadas no desenvolvimento da anomalia, a Figura 10 apresenta o tratamento dos dados recolhidos em campo. Ainda que a distribuição de casos de fissuração relativamente à orientação a Este e Oeste não seja muito contrastante (39% e 31%, respectivamente), verifica-se uma maior tendência de fissuração da película nas fachadas orientadas a Sul (46%) e menor a Norte (25%), indicando que a maior exposição a radiação solar (C-A1) provoca movimentos (térmicos) na película que levam à rotura da mesma (causa mais provável em 38% dos casos registados).

A fissuração diagnosticada na amostra não se associa com problemas de segurança estrutural, ainda assim recomendou-se intervenção imediata (Nível de gravidade 2) em 73% dos casos, atendendo às consequências que pode ter a entrada de água em fissuras de espessura mais alargada (Figura 6), e actuação no prazo de um ano (Nível de gravidade 1) para os restantes.

A pulverulência, correspondente à tipologia de anomalia com a classificação de A-C2, pode por vezes ser identificada pelos termos farinação, farinação, esfarelamento ou gizamento. Todos estes termos descrevem o fenómeno de aparecimento de uma poeira fina, pouco aderente à superfície da película, proveniente da volatilização anormal do ligante da tinta. Na Figura 11, encontra-se representado o gráfico que relaciona esta anomalia com as suas principais causas. Verifica-se que este fenómeno ocorre principalmente em zonas expostas ao sol (C-A1) e sujeitas a temperaturas elevadas (C-A2) (condições fundamentais para a volatilização do ligante), assim como sujeitas à lavagem por água escorrente (C-A5).

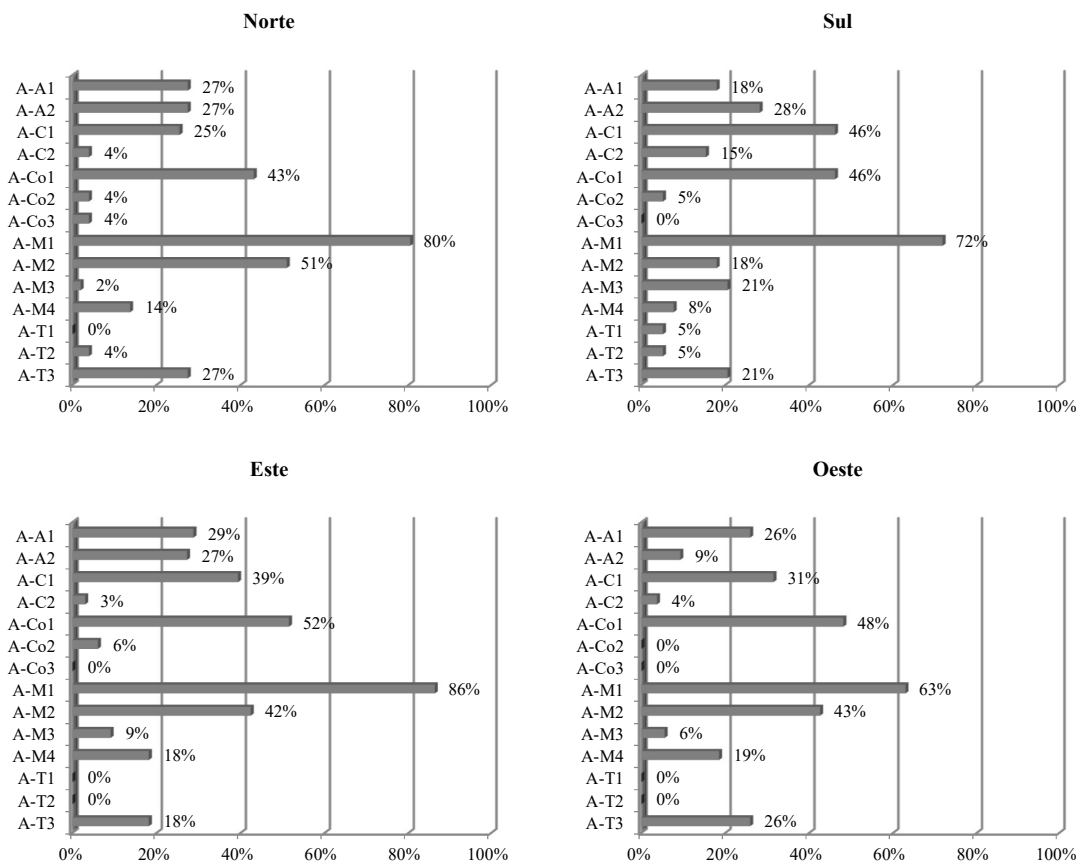
Ainda se pode concluir que, indirectamente, a anomalia poderá ser consequência da utilização de produtos defeituosos (C-F1), na prescrição incorrecta (C-C1) ou na formulação e mistura dos componentes (C-E3), por exemplo através do sobredoseamento de pigmentos e cargas em relação ao ligante. Por esta razão, considera-se que a incidência desta anomalia se pode reduzir através de uma correcta prescrição e utilização de materiais de qualidade adequada, assim como através do cumprimento do caderno de encargos (C-E1).

Em campo, esta anomalia identificou-se mais frequentemente em tintas coradas. Verificou-se também que quanto mais escura e saturada a camada de acabamento, mais substancial é o destaque de pulverulência ao toque.

Relativamente à extensão da anomalia, caracteriza-se por ocupar grandes áreas, ocupando em

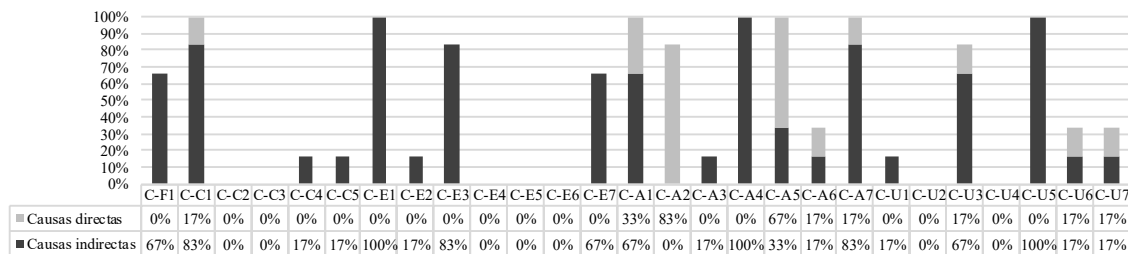
média 84% da superfície de fachada pintada e gerando muitas vezes percentagens na ordem de 100% de área afectada nas fachadas inspeccionadas. Estes valores vêm comprovar a inércia que subsiste (ainda) em Portugal em reconhecer as intervenções de manutenção como parte integrante e fundamental no prolongamento da vida útil dos revestimentos e, consequentemente, dos edifícios.

Comprovando a relação entre o fenómeno de pulverulência e a exposição solar (Figura 10), verificou-se que as fachadas mais expostas à radiação (Sul e Oeste) são aquelas onde mais se desenvolve a anomalia (com maior relevância para Sul - 15% das fachadas orientadas a Sul apresentaram pulverulência, enquanto apenas se registaram ocorrências em 4% das fachadas orientadas a Norte).



A-A1 Destacamento; A-A2 Empolamento; A-C1 Fissuração; A-C2 Pulverulência; A-Co1 Descoloração; A-Co2 Encosturado; A-Co3 Repasse; A-M1 Captação de sujidade; A-M2 Colonização microbiológica; A-M3 Eflorescências / criptoflorescências; A-M4 *Graffiti*; A-T1 Crateras; A-T2 Escorridos; A-T3 Textura heterogénea.

Figura 10 - Frequência de ocorrência das anomalias segundo a orientação da fachada.



C-F1 Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C: Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbacteriológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 11 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-C2 Pulverulência.

3.3. Anomalias de cor (A-Co)

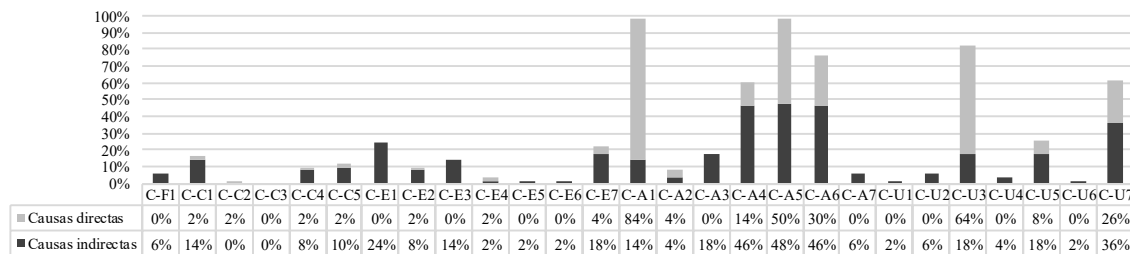
O grupo de anomalias de cor (A-Co) engloba, como o nome indica, os tipos de alterações da pintura que se identificam através da alteração da cor inicial, quer por coloração, quer por descoloração. As anomalias integrantes da presente classificação relacionam-se com a própria composição da tinta ou sua aplicação, distinguindo-se da classificação A-M Manchas que corresponde à alteração cromática por deposição de substâncias estranhas à tinta.

Um dos tipos mais comuns de alteração cromática é a descoloração (A-Co1), a qual se identifica visualmente pela perda parcial da cor original da fachada. Este fenómeno foi identificado em 47,6% das fachadas inspeccionadas, sendo a segunda anomalia mais provável em revestimentos por pintura (Figura 3). A anomalia, segundo a experiência em campo, tende a cobrir a área de fachada quase na totalidade, sendo o seu valor médio de ocupação de fachada de 89% da área total. A relação entre a extensão e a gravidade da anomalia é directa, uma vez que a gravidade da anomalia é avaliada de acordo com a sua extensão, nunca considerando, no entanto, o nível 2, pois não compromete o desempenho de protecção do revestimento;; verificando-se extensões muito elevadas, tem de se considerar a afectação na salubridade e aspecto estético do edifício, pelo que em 96% dos casos foi diagnosticado com um nível de gravidade 1 (intervenção até a um ano) (Figura 6), ou seja, em todos os casos com área superior a 5%.

Segundo a Figura 12, as causas directas mais influentes são C-A1 Radiação solar, C-A5 Água exterior, C-A6 Poluição e C-U3 Manutenção ausente / inadequada. A água tem um forte potencial de lavagem dos pigmentos, sobretudo em fachadas que já estão em serviço há bastante tempo sem terem sido sujeitas a qualquer tipo de intervenção. É também responsável pela fixação de partículas poluentes (C-A6) que, muitas vezes, reagem e alteram homogeneamente a coloração de uma fachada.

Esta anomalia poderá ainda aparecer associada a A-M1 Captação de sujidade e A-M2 Colonização microbiológica, se houver falta de manutenção regular da fachada. Ao aparecer isolada, pode dever-se a uma intervenção de limpeza demasiado agressiva, quer pelos equipamentos, quer pelas técnicas utilizadas.

Segundo a matriz de correlação “inter-anomalias”, existe uma probabilidade de 73% de ocorrência de fissuração (A-C1) na presença de descoloração (A-Co1). Este dado relaciona-se com o facto de ambas as anomalias se poderem desenvolver devido a condições extremas de exposição solar (C-A1) que, por um lado, levam a variações de temperatura que provocam movimentos térmicos na película (ou substrato) e, por outro lado, a alterações na pigmentação original. No entanto, no caso da descoloração (A-Co1), não se verifica estatisticamente uma preferência de orientação solar (Figura 10). De facto, os valores aparecem bastante equilibrados: 43% para Norte, 52% para Este, 46% para Sul e 48% para Oeste. Pode-se concluir, com estes dados, que há um efeito negativo tanto pelo nível elevado de exposição solar das fachadas Sul e Oeste, como por falta de exposição, levando à presença continuada de água, nas fachadas Norte e Este, e desenvolvendo-se a anomalia em todas as orientações (ainda que por causas distintas).



C-F1 Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C: Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbiológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 12 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-Co1 Descoloração.

O termo A-Co2 Encosturado designa e classifica o defeito caracterizado pela visibilidade das juntas entre áreas adjacentes à pintura, nas quais a superfície foi dividida durante a aplicação da mesma demão. Ainda dentro do mesmo grupo classificativo, encontra-se a anomalia A-Co3 Repasse, podendo

reconhecer-se o termo repassamento, como alternativa. Este fenómeno consiste na difusão de uma substância corada dentro da película, proveniente do interior, levando à alteração da tonalidade original da superfície.

Segundo o trabalho de campo, ambas as anomalias constituem um fenómeno pouco frequente, verificando-se em apenas 3,8% das fachadas inspeccionadas, no caso do encosturado (A-Co2), e em 1,0%, no caso de repasse (A-Co3) (Figura 3). Adicionalmente, o nível de gravidade das anomalias observadas foi sempre baixo, constituindo apenas anomalias a monitorizar (Figura 6).

A origem de ambas as anomalias está, em geral, em erros de concepção (C-C) e de execução (C-E), uma vez que estão associadas à incorrecta aplicação de demãos ou à inadequada utilização de materiais. Uma vez que não dependem de acções ocorrentes na etapa de utilização (ambientais, acidentais, vandalismo), as suas baixas frequências indicam uma tendência actual positiva de preocupação com a correcta execução da pintura.

3.4. Manchas (A-M)

Como referido, classificam-se de manchas os fenómenos anómalos associados à deposição de substâncias na superfície da pintura, provocando uma identificação visual da zona afectada por mudanças cromáticas. A maioria dos fenómenos patológicos que ocorrem em revestimentos por pintura enquadra-se no presente grupo, correspondendo a 45,5% (Figura 13) das anomalias identificadas em campo e destacando-se claramente dos outros grupos. Tal deve-se principalmente à grande tendência destes revestimentos para captação de sujidade (A-M1), anomalia correspondente a 24,8% do total de anomalias (Figura 4). Como mencionado, 95,2% das superfícies da amostra têm textura rugosa, o que propicia a fixação de partículas na parede. Uma vez que este parâmetro contribui para o aparecimento da anomalia A-M1 Captação de sujidade, os resultados obtidos de ocorrência em 76,2% das fachadas não são surpreendentes, sendo a anomalia mais verificada em toda a amostra (Figura 3).

O desenvolvimento de microrganismos (A-M2) corresponde a 13% das anomalias verificadas em campo (Figura 4), valor que se traduz na probabilidade de 40% de ocorrência numa fachada (Figura 3). Em 17% dos casos, esta anomalia desenvolveu-se ao ponto de necessitar de intervenção urgente (Nível 2 - até 6 meses) (Figura 6).

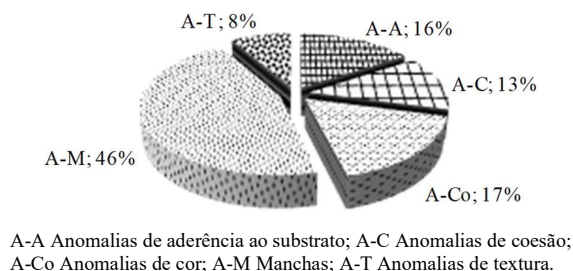


Figura 13 - Frequência relativa dos grupos classificativos das anomalias observadas na amostra.

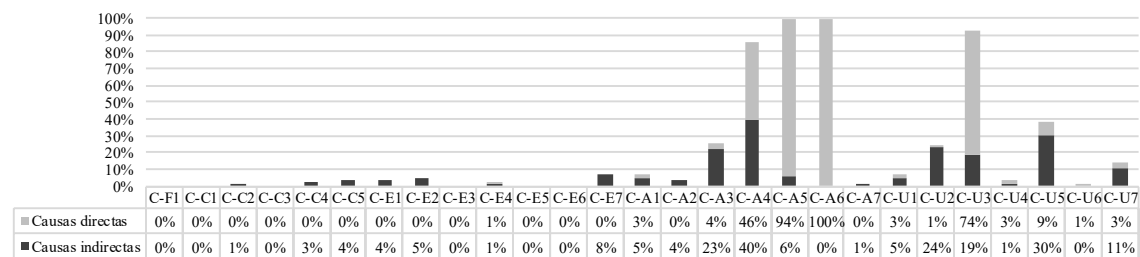
Comparando as Figuras 14 e 15, as anomalias de manchas mencionadas advêm de causas directas semelhantes, com predominância nas correlações com C-A4 Humidade interna (presença de água no interior da película), C-A5 Água exterior (por acção da chuva ou condensação superficial) e C-A6 Poluição, admitindo-se que estes agentes são os principais responsáveis pelo seu desenvolvimento e agravamento. A causa C-A6 Poluição, no caso da anomalia A-M2 Colonização microbiológica deve-se ao facto de as partículas poluentes se fixarem à parede e em alguns casos estas partículas poderem conter elementos orgânicos se desenvolvem (fungos, algas e outros tipos de microrganismos) na presença simultânea de água. De forma a comprovar a relação com a presença de água, verifica-se que as fachadas orientadas a Norte (menor exposição solar diária) têm uma frequência de 51% desta anomalia, enquanto aquelas voltadas a Sul reduzem a frequência a 18% (Figura 10). Entre Este e Oeste, verifica-se equilíbrio, correspondendo a 42% e 43%, respectivamente. Quanto ao nível de gravidade destas anomalias, em geral não afectam muito o funcionamento protector da película, a não ser em termos estéticos, tendo-se recomendado na maioria dos casos intervenção até um ano (Nível 1). No entanto, 17% dos casos de colonização microbiológica foram considerados urgentes, com necessidade de intervenção num prazo de seis meses (Nível 2). Estes casos mais graves correspondem a situações em que, além da colonização microbiológica, se observava simultaneamente sinais evidentes de ocorrência de infiltrações.

As eflorescências ou criptoflorescências (A-M3) são outra tipologia de anomalia enquadrada no

grupo de manchas. Estes fenómenos reflectem-se em manchas brancas, uma vez que resultam do desenvolvimento de depósitos cristalinos sobre ou sob a película, respectivamente. O processo consiste da migração de água no revestimento, contaminada por sais solúveis, e respectiva evaporação, deixando à superfície os sais arrastados, cristalizados.

A Figura 16 mostra a contribuição das principais causas para o desenvolvimento destas anomalias. Associado à origem directa do problema, observa-se que a água é um agente indispensável para o desenvolvimento desta anomalia, podendo-se advir do interior da parede (C-A4), ou do exterior (C-A5) devido à acumulação e permanência em zonas sem drenagem, levando à infiltração nas camadas internas dos sistemas de pintura ou mesmo na interface entre o primário e o substrato.

Existindo no mercado diversos produtos para combate à passagem e cristalização de sais em paredes, nomeadamente selantes e hidrófugos de superfície, considera-se que há uma falta de adequação de projecto à função de determinadas zonas de aplicação de pinturas, sobretudo em floreiras e junto aos remates inferiores das fachadas, onde a água do terreno ascende por capilaridade, saturada de sais higroscópicos. Por outro lado, admite-se a possibilidade de existirem, de facto, sistemas de impermeabilização que, por alguma razão, não cumprem o seu papel, casos que deveriam ser revistos antes da execução de novas pinturas.



C-F1 Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C2 Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbacteriológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 14 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-M1 Captação de sujidade.

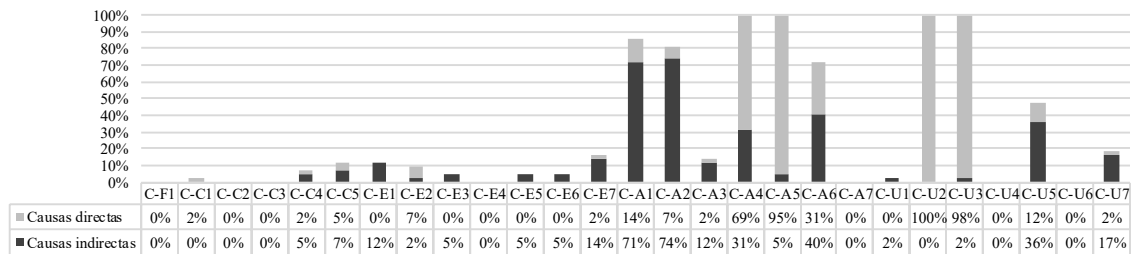


Figura 15 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-M2 Colonização microbacteriológica.

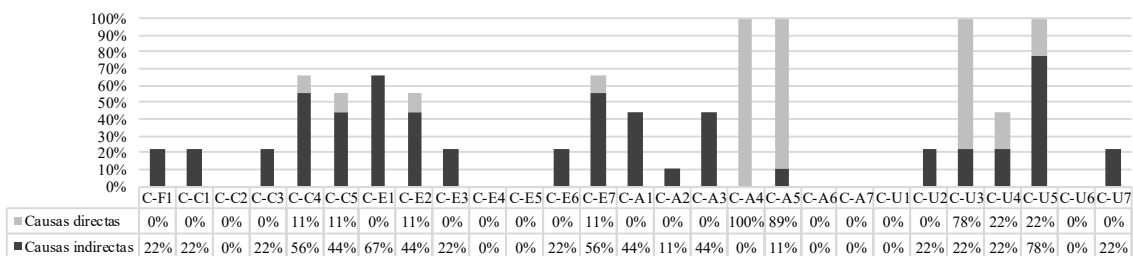


Figura 16 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-M3 Efflorescências / criptoflorescências.

Por estas razões, a percentagem de causas associadas a erros de concepção (C-C) e execução e (C-E) é relativamente elevada, ainda que por relacionamento indirecto, sobretudo graças às causas relacionadas com o tratamento prévio do substrato e com a própria formulação do sistema de pintura (C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato - 67%; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte - 55%; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos - 67%; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente - 55%; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente - 67%).

No caso particular das eflorescências, uma correcta ventilação das alvenarias contribuiria para a diminuição da humidade interna das paredes, desencorajando tanto a ascensão da água por capilaridade como a cristalização de sais, sendo por essa razão que se considera como causas a ausência de ventilação das caixas-de-ar das paredes (C-U5) e de intervenções de manutenção (C-U3).

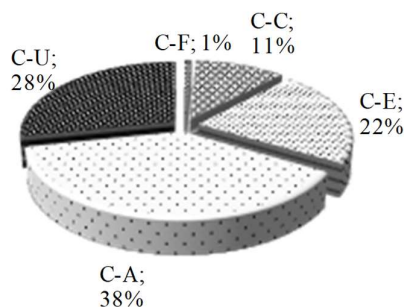
Segundo a matriz de correlação inter-anomalias, na presença de eflorescências ou criptoflorescências há uma probabilidade de 78% de se desenvolverem as anomalias A-A1 Destacamento e A-A2 Empolamento, as quais já implicam uma perda da capacidade protectora da película de pintura, afectando simultaneamente a componente estética do revestimento. Segundo a Figura 6, a anomalia ocorre em geral com um nível de gravidade médio (Nível 1), se bem que, quando provoca a perda de aderência entre a película e o substrato, poderá ser urgente intervir (Nível 2).

O quarto tipo de mancha que enquadra o presente grupo é A-M4 *Graffiti*. A designação e classificação englobam todos os tipos de pintura ou marcas na superfície da película, derivadas de tintas estranhas (*spray* ou marcador). As causas directas para a sua ocorrência são essencialmente C-U1 Acção humana e C-U3 Manutenção ausente / inadequada. Uma vez que no mercado estão disponíveis vários tipos de protecção anti *graffiti*, em alguns casos, nomeadamente em zonas propícias a acções de vandalismo, como bairros sociais ou zonas escolares, poderá considerar-se como causa indirecta que o esquema de pintura foi incorrectamente prescrito ou aplicado, ou ainda não eficaz.

3.5. Anomalias de textura (A-T)

O quinto grupo de anomalias da lista classificativa elaborada para o sistema de inspecção e diagnóstico de pinturas em fachadas, engloba as tipologias de alteração da textura da película seca.

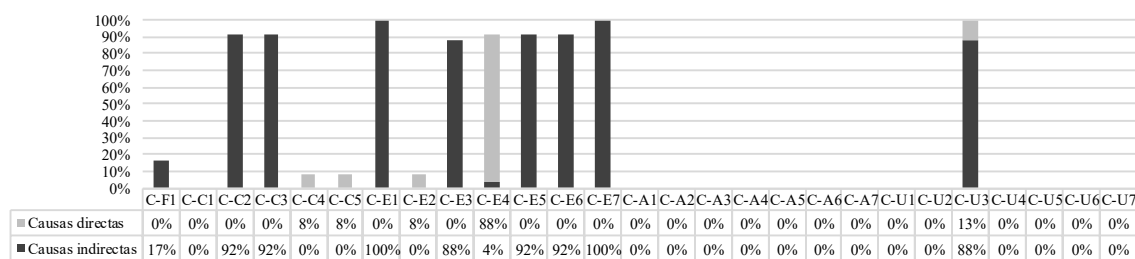
A classificação A-T1 corresponde à tipologia de anomalia caracterizada pela presença de crateras, que são pequenas depressões de forma circular que persistem na superfície após secagem. A anomalia A-T2 Escorridos corresponde a irregularidades locais de espessura da película, provocadas pelo escorrimento de um produto de pintura durante a secagem em posição vertical ou inclinada. Em campo, ambos os casos se verificaram com uma frequência bastante baixa: 1,0% e 1,9%, respectivamente, com nível de gravidade / urgência de intervenção 0 (monitorização). Tal como no caso das anomalias de cor A-Co1 Encosturado e C-Co2 Repasse, estas anomalias de textura devem-se a erros de execução (C-C) e concepção dos trabalhos (C-E). A raridade das ocorrências deste tipo vem acentuar a conclusão de que em geral existe uma preocupação com o nível de qualidade de execução dos trabalhos de pintura de fachadas rebocadas, em Lisboa. De facto, segundo a Figura 17, correspondente à distribuição de grupos de causas obtidas em campo, apenas 33,5% das causas se relaciona com os trabalhos (C-F Defeitos de fabrico/ armazenamento; C-C Erros de concepção; C-E Erros de execução), enquanto os restantes 66,5% correspondem a acções durante a fase de serviço (exposição às intempéries, humidade, poluição, acções de vandalismo, acções acidentais). Deste modo, comprova-se que a degradação de revestimentos por pintura ocorre principalmente por factores exteriores ao fabricante e aplicador, reforçando a importância de um adequado plano de manutenção com inspecções regulares.



C-F Causas de fabrico / armazenamento; C-C Erros de concepção; C-E Erros de execução; C-A Acções ambientais; C-U Erros de utilização / manutenção.

Figura 17 - Distribuição das causas pelos grupos classificativos.

No entanto, quando nem todos os aspectos de aplicação são executados segundo as boas práticas, pode ocorrer outro tipo de irregularidades locais da textura, que se classificam de A-T3 Textura heterogênea. Na maior parte dos casos, a anomalia é quase imperceptível a um observador menos atento, mas por vezes, em tintas texturadas, os elementos que conferem a textura estão mal distribuídos, concentrando-se, sobretudo, em locais até onde, aparentemente, se estendeu o movimento do rolo, na execução. Na amostra em estudo, foi possível identificar esta anomalia em 22,9% das fachadas (Figura 3). Segundo a Figura 18, ainda que a causa directa mais comum seja a C-E4 - método de aplicação inadequado ou mal executado, indirectamente pode dever-se a um defeito de fabrico do produto (quando é menos fluido do que seria expectável ou as cargas estão mal diluídas), de mistura dos componentes, do tratamento do substrato (demasiado rugoso nessas zonas), do desrespeito pelos tempos de secagem e, em último caso, da técnica de execução, aliada a um fraco controlo de qualidade (C-F, C-C ou C-E). Não existindo correcção desta anomalia, assume-se também que a manutenção é inexistente (C-U3).



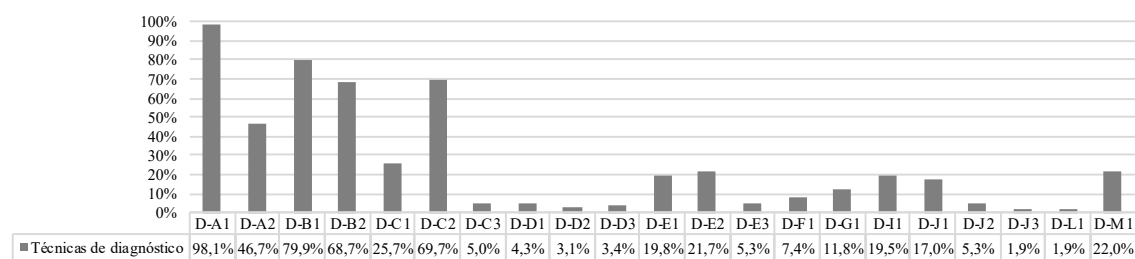
C-FI Defeitos de fabrico / armazenamento; C-C1 Prescrição incorrecta ou omissa do produto / esquema de pintura e/ou seus componentes, face ao fim a que se destinam; C-C: Prescrição incorrecta ou omissa do método de aplicação; C-C3 Prescrição incorrecta ou omissa das condições ambientais de aplicação; C-C4 Prescrição incorrecta ou omissa do tratamento prévio do substrato; C-C5 Negligência nas condições a exigir ao suporte; C-E1 Incumprimento do caderno de encargos; C-E2 Preparação do substrato omissa ou deficiente; C-E3 Erros na formulação do produto ou na mistura de componentes; C-E4 Método de aplicação inadequado ou mal executado; C-E5 Desrespeito do tempo de secagem entre demãos; C-E6 Aplicação em condições ambientais adversas; C-E7 Fiscalização / controlo de qualidade insuficiente; C-A1 Radiação solar; C-A2 Temperatura extrema; C-A3 Gases; C-A4 Humidade interna; C-A5 Água exterior; C-A6 Poluição; C-A7 Erosão; C-U1 Acção humana; C-U2 Acção microbacteriológica; C-U3 Manutenção ausente / inadequada; C-U4 Roturas em tubagens / inundações; C-U5 Ventilação insuficiente da construção; C-U6 Acções de atrito inerentes ao uso; C-U7 Envelhecimento natural.

Figura 18 - Contribuição das causas para a ocorrência da anomalia A-T3 Textura heterogênea.

3.6. Métodos de diagnóstico

Os métodos de diagnóstico são um bom acessório para compreender os mecanismos de degradação, as causas primeiras das anomalias e a ligação entre anomalias que ocorrem em simultâneo. O sistema de inspecção, diagnóstico e reparação proposto (Pires *et al.*, 2013) inclui 21 técnicas passíveis de auxiliar no diagnóstico de revestimentos por pintura.

A Figura 19, reflecte as frequências relativas obtidas, resultantes da divisão das frequências absolutas dos métodos de diagnóstico preconizados pelo total de anomalias detectadas (323 anomalias).



D-A1 Observação visual; D-A2 Análise táctil; D-B1 Determinação da orientação solar; D-B2 Medição das condições termo-higrométricas do ar; D-C1 Termografia de infravermelhos; D-C2 Medição do teor de água superficial das paredes; D-C3 Medição do teor de água interno das paredes; D-D1 Condutivímetro; D-D2 Fitas colorimétricas; D-D3 Kit de campo para análise química; D-E1 Relação massa / área; D-E2 Medição em profundidade; D-E3 Ultra-sons; D-F1 Avaliação do grau de empolamento; D-G1 Avaliação do grau de fissuração; D-I1 Método do lápis; D-J1 Método da faca; D-J2 Método da quadricula; D-J3 Ensaio de tracção (método *pull-off*); D-L1 Método da fita adesiva; D-M análise da alteração de cor; D-M1 Especificação da cor pelo sistema de Munsell.

Figura 19 - Frequência dos métodos de diagnóstico recomendados para as anomalias detectadas.

Da análise do gráfico, observa-se que os métodos que possuem frequências mais elevadas são D-A1 Observação visual, D-A2 Análise táctil, D-B1 Determinação da orientação solar, D-B2 Medição das condições termo-higrométricas do ar e D-C2 Medição do teor de água superficial das paredes, resultado de possuírem âmbitos de aplicação mais vastos.

Assim, à excepção do último método e das condições higrométricas do ar, os restantes foram realmente praticados no decorrer das inspecções, motivo pelo qual quase sempre foram considerados como aplicáveis e de utilização praticamente obrigatória em inspecções correntes, ainda que não sejam de diagnóstico directo das anomalias e suas causas. Da mesma forma, os ensaios D-C1 termografia de infravermelhos e D-C2 medição do teor de humidade superficial permitem obter informação relativa a humidade e temperatura do paramento, parâmetros associados com diversas anomalias, principalmente de manchas. A prescrição do ensaio D-C1 Termografia de infravermelhos é, no entanto, condicionada pelo custo do ensaio, tendo uma frequência menos elevada.

Quanto aos ensaios com maior especificidade (doravante designados de técnicas específicas), verifica-se uma coerência entre as frequências dos métodos de diagnóstico e das anomalias. Por outras palavras, são menos prescritos os ensaios relacionados directamente com anomalias menos verificadas, como é o caso dos métodos concebidos para determinação do tipo de sal higroscópico (D-D2 Fitas colorimétricas e D-D3 *Kit* de campo para análise), aplicáveis apenas quando foi comprovada a presença da anomalia A-M3 Eflorescências / criptoflorescências. Da mesma forma, a análise da alteração de cor (D-M1 Especificação da cor pelo sistema de Munsell) tem uma frequência relativamente elevada (22%), quando comparada com as restantes técnicas específicas, devido à elevada frequência da anomalia A-Co1 Descoloração verificada na amostra.

O elevado nível destrutivo de determinados métodos, como, por exemplo, D-C3 Medição do teor de água interno das paredes ou D-J3 Ensaio de tracção (método *pull-off*), limita a sua aplicabilidade, sobretudo quando a película é aderente e não existem vestígios de anomalias graves, para além dos limites do revestimento por pintura. A recomendação destes métodos apenas se aplica aos casos em que o revestimento apresenta elevados níveis de degradação do substrato, ou seja, dos rebocos e, por vezes, até das próprias alvenarias, uma vez que se considera indispensável a avaliação dos perfis de humidade das paredes mais afectadas.

Como conclusão, as técnicas propostas para o diagnóstico de revestimentos por pintura podem ainda dividir-se entre aquelas que são instrumentadas e as que não requerem metodologias específicas ou uso de equipamento de medição. O segundo grupo engloba a observação visual (D-A1), a análise táctil (D-A2) e a determinação da orientação solar (D-B1), que são úteis no diagnóstico de 88% das tipologias de anomalia, segundo a matriz de correlação anomalias-técnicas de diagnóstico. Destas correlações, o grau de correlação é 2 (método essencial para o correcto diagnóstico) em 54,1% dos casos e o grau de correlação é 1 (métodos de diagnóstico complementares) para os restantes 45,9%.

Relativamente às técnicas instrumentadas, apenas se verificaram 30,6% de aplicabilidade na totalidade das tipologias de anomalia e destas, 81,8% possuem grau de correlação 1 e apenas 18,2% são indispensáveis no diagnóstico (uma vez que correspondem aos ensaios específicos).

Os valores obtidos realçam a importância de uma boa observação e análise da pintura danificada e da sua envolvente, podendo-se evitar custos adicionais com investimento em equipamento auxiliar.

3.7. Técnicas de reparação

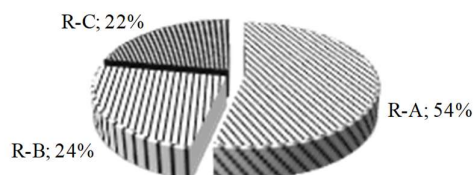
Na respectiva lista classificativa, as técnicas de reparação prescritas para revestimentos por pintura perfazem um total de 10, divididas em três grupos segundo o objectivo da técnica. Nesse sentido, é estatisticamente mais interessante analisar os grupos de técnicas do que as técnicas individuais, já vez que dentro de um mesmo grupo duas ou mais técnicas podem ser possíveis e alternativas para a reparação de uma mesma anomalia.

Podem ocorrer relações preferenciais entre os grupos de anomalias e grupos de técnicas, sendo mais provável o grupo de anomalias de perda de aderência (A-A) ser resolvido através da remoção total ou parcial da película existente (R-B), assim como o grupo de manchas (A-M) resolver-se através de técnicas de limpeza (R-A).

Analisando a Figura 20, pode-se observar que 54% das técnicas recomendadas pertencem ao grupo de limpeza (R-A), valor previsível, uma vez que pelo menos 45,5% das anomalias observadas corresponde a manchas (A-M) e as técnicas de limpeza aplicam-se também nos casos de pulverulência (A-C2 - 1,9% das anomalias) e em alguns casos de alteração da cor (A-Co). Da mesma forma, uma vez que 15,8% das anomalias correspondem à perda de aderência dos materiais (A-A) e 11,5% das anomalias são de fissuração (A-C1), verifica-se que 24,3% das técnicas recomendadas se encontram no grupo de remoção da película (R-B), aplicável na resolução de grande parte dos casos das anomalias referidas. Nem todos os casos das anomalias mencionadas se relacionam com as técnicas R-B, uma vez que estas são mais adequadas para grandes áreas, limitando-se a recomendação aos casos de pequenas áreas afectadas.

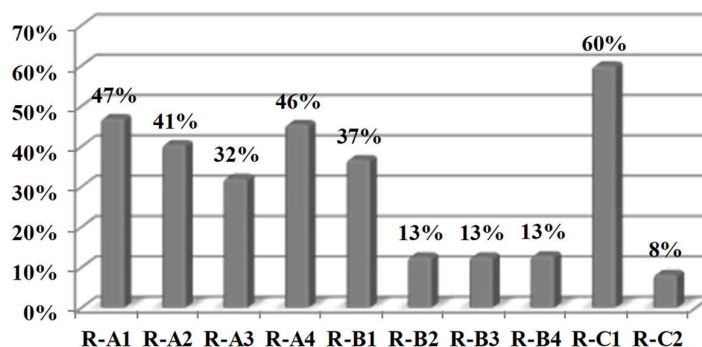
A solução de repintura (R-C) é a mais interventiva das três, mas o seu carácter multifuncional (preventivo, reparador e de ocultação), associado ao facto de ser em muitos casos a solução mais

económica, elevam-na frequentemente à categoria de melhor solução de reparação. De facto, ainda que dentro do conjunto de técnicas de reparação aparente ser a menos recomendada (22,2% do total de recomendações), em valor absoluto a técnica R-C1 foi recomendada em 60% das anomalias (194 recomendações para 323 anomalias - Figura 21), como possível alternativa adequada para situações em que uma limpeza (R-A) se revele insuficiente ou como complemento de outras técnicas, uma vez que, quando se remove a película (R-B), se cria a necessidade de repintar a zona afectada. A repintura poderá realizar-se através da aplicação de esquemas já existentes ou através do refinamento dos esquemas de pintura, adequando-os a determinadas exigências, nomeadamente com a utilização de aditivos.



R-A Limpeza da película aderente; R-B Remoção total / parcial da película existente; R-C Repintura.

Figura 20 - Contribuição de cada grupo de técnicas de reparação.



R-A1 Escovagem / despoejamento; R-A2 Lavagem manual com água e esponja; R-A3 Lavagem com água pressurizada (baixa pressão); R-A4 Limpeza química; R-B1 Remoção com ferramentas manuais ou mecânicas; R-B2 Remoção com água pressurizada (alta pressão); R-B3 Remoção com jacto abrasivo; R-B4 Decapagem química; R-C1 Repintura com produtos compatíveis adequados e aplicados nas condições especificadas pelo fabricante; R-C2 Repintura com produtos formulados especificamente para o tipo de anomalia em causa.

Figura 21 - Frequência das técnicas de reabilitação aconselhadas para as anomalias detectadas.

4. Conclusão

O estudo estatístico realizado com base no sistema de inspecção, diagnóstico e reparação de revestimentos por pintura (Pires *et al.*, 2013), permitiu entender as principais sensibilidades do sistema e consequentes necessidades de diagnóstico auxiliar para uma correcta reparação.

Analizadas 323 anomalias em 105 fachadas, conclui-se que a orientação da fachada é um parâmetro influente no aparecimento das anomalias: as fachadas Norte e Este, menos expostas ao sol, apresentam problemas de manchas de deposição de sujidade e desenvolvimento de microrganismos e as fachadas a Sul e Oeste, mais secas, podem apresentar problemas devidos à excessiva exposição, como fissuração por dilatação térmica ou descoloração. A maioria das fachadas pintadas, em Lisboa, possui uma superfície texturizada, propiciando ainda mais a acumulação de sujidade e contribuindo para que esta seja a anomalia verificada com maior frequência.

Em geral, verifica-se uma boa qualidade na execução dos trabalhos, uma vez que a maioria das anomalias associadas directamente à mesma ocorre menos na amostra. No entanto, verifica-se que ainda há algum descuido na qualidade dos materiais utilizados, diminuindo a durabilidade do revestimento. Verifica-se que as condições a que está sujeita a fachada durante o serviço são o que mais influencia a sua durabilidade e prestação, sendo por isso essencial criar e respeitar um plano de manutenção

adequado, com inspecções periódicas de 15 em 15 meses e reaplicação do acabamento por pintura a cada 8 a 10 anos.

A extensão da anomalia (percentagem de área afectada) e o nível de gravidade / urgência de intervenção são dois parâmetros que se correlacionam directamente, nos casos de rotura física da película, como destacamentos, empolamentos ou fissuração.

A análise da matriz de correlação inter-anomalias permitiu estabelecer relações adicionais entre anomalias, seja por uma estar na origem de outra, seja por partilha de causas, contribuindo para um entendimento das condições necessárias para a sua ocorrência.

Estudada a influência dos vários parâmetros, assim como a correlação entre variáveis, aporta-se no presente artigo informação suplementar à existente actualmente sobre patologia em revestimentos por pinturas, aplicável no diagnóstico e reparação de anomalias, destacando-se o tema de prevenção.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Centro de Investigação CERIS, do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, e da FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), através do projecto PTDC/ECM -COM/5772/2014 e da bolsa de doutoramento SFRH/BD/131113/2017.

Referências

- Aberle, T.; Keller, A.; Zurbriggen, R. Efflorescence. Mechanisms of formation and ways to prevent. 2º Congresso Nacional de Argamassas para Construção - APFAC, Lisboa, 2007, pp. 01/07.
- Araújo, A.; de Brito, J.; Júlio, E. Manual de inspecção de patologia exterior de construções edificadas em Portugal no período de 1970 a 1995. Relatório ICIST, DTC n.º 12/08, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.
- ASTM D661-93(2019): Standard test method for evaluating degree of cracking of exterior paints. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 2019.
- ASTM E1857-97(2013)e1: Standard guide for selection of cleaning techniques for masonry, concrete, and stucco surfaces. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 2013.
- Carmona-Quiroga, P.; Martínez-Ramírez, S.; Sánchez-Cortés, S.; Oujja, M.; Castillejo, M.; Blanco-Varela, M. Effectiveness of anti-graffiti treatments in connection with penetration depth determined by different techniques. *Journal of Cultural Heritage* V. 11, I. 3, 2010, pp. 297-303.
- Chai, C.; de Brito, J.; Silva, A.; Gaspar, P. Previsão da vida útil de paredes de exteriores. *Engenharia Civil*, n.º 41, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães, 2011, pp. 51-63.
- Chapman, S. Laser technology for graffiti removal. *Journal of Cultural Heritage*, V. 1, I. 1, 2000, S75-S78.
- Daniotti, B. Performance characteristics' degradation and paints' protective degree for wall components subject to durability tests. *9th International Conference on Durability of Building Materials and Components (9DBMC)*, Paper 037, Vol. I, Brisbane, Australia, 2001, pp. 1-8.
- de Brito, J. de Sistemas de inspecção e diagnóstico de edifícios. 3º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Patorreb 2009, Porto, Portugal, 2009, pp. 13-23.
- Dias, J. L.; Silva, A.; Chai, C.; Gaspar, P. L.; de Brito, J. Neural networks applied to service life prediction of exterior painted surfaces, *Building Research & Information*, V. 42, I. 3, 371-380.
- EN ISO 4618:2014 Paints and varnishes. Terms and definitions. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium, 2014.
- Eusébio, M.; Rodrigues, M. Anomalias em pinturas de paramentos exteriores e interiores de alvenaria e respectivas soluções de reparação. *Cadernos de Edifícios* n.º 5, LNEC, Lisboa, Portugal, 2010.
- Flores-Colen, I.; de Brito, J.; Freitas, V. Stains in façades' rendering - Diagnosis and maintenance techniques' classification. *Construction and Building Materials*, V. 22, I. 3, 2008, pp. 211-221.
- Garrido, M. A.; Paulo, P. V.; Branco, F. A. Service life prediction of façade paint coatings in old buildings. *Construction and Building Materials*, V. 29, 2012, pp. 394-402.
- Gaylard, C. C.; Morton, L. H. G.; Loh, K.; Shirakawa, M. A. Biodeterioration of external architectural paint films - a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, V. 65, I. 8, 2011, pp. 1189-1198.
- Marques, M.; Rodrigues, M. Tintas, vernizes e revestimentos por pintura para a construção civil. 3ª Edição, LNEC, Lisboa, Portugal, 2000.
- Moura, A.; Flores-Colen, I.; de Brito, J. Study of the effect of three anti-graffiti products on the physical properties of different substrates. *Construction and Building Materials*, V. 107, 2016, pp. 157-164.

- NP EN 1062-1:2009 Tintas e vernizes. Produtos de pintura e esquemas de pintura a aplicar em alvenarias e betão no exterior. Parte 1: Classificação. CT-3, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2009.
- NP EN 1062-7:2015: Tintas e vernizes: Produtos de pintura e esquemas de pintura a aplicar em alvenaria e betão exteriores; Parte 7: Determinação da resistência à fissuração. CT-3, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2015.
- NP EN ISO 2808:2011 Tintas e vernizes. Determinação da espessura da película. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2011.
- NP EN ISO 4628-1:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 1: Introdução geral e sistema de designação. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP EN ISO 4628-2:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 2: Avaliação do grau de empolamento. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP EN ISO 4628-4:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 4: Avaliação do grau de fissuração. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP EN ISO 4628-5:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 5: Avaliação do grau de descamação. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP EN ISO 4628-6:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 6: Classificação do grau de pulverulência pelo método da fita adesiva. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP EN ISO 4628-7:2018 Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 7: Avaliação do grau de pulverulência pelo método do tecido aveludado. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2018.
- NP ISO 15184:2016 Tintas e vernizes. Determinação da dureza da película. Método do lápis. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica, Portugal, 2016.
- Pereira, A.; Palha, F.; de Brito, J.; Silvestre, J. D. Inspection and diagnosis system for gypsum plasters in partition walls and ceilings. *Construction and Building Materials*, V. 25, I. 4, 2011, pp. 2146-2156.
- Pires, R.; de Brito, J.; Amaro, B. Sistema de inspecção, diagnóstico e reabilitação de revestimentos por pintura em fachadas rebocadas. *Revista Construlink*, V. 11, I. 32, 2013, pp. 32-38.
- Rodrigues, M.; Eusébio, M.; Ribeiro, A. Revestimentos por pintura - Defeitos, causas e reparação. Informações Técnicas e Científicas - Patologia e Reabilitação das Construções, 2ª Edição, LNEC, Lisboa, Portugal, 2006.
- Sá, G.; Sá, J.; de Brito, J. de; Amaro, B. Statistical survey on inspection, diagnosis and repair of wall rendering. *Journal of Civil Engineering and Management*, V. 21, I. 55, 2015, pp. 623-636.
- Silvestre, J. D.; de Brito, J. Ceramic tiling inspection system. *Construction and Building Materials*, V. 23, I. 2, 2009, pp. 653-668.