

Durabilidade, estados limite e vida útil de rebocos em fachadas



Pedro Lima Gaspar
Faculdade de Arquitectura
Univ. Técnica de Lisboa
Portugal
pmgaspar@fa.utl.pt



Jorge de Brito
I.S.T.
Univ. Técnica de Lisboa
Portugal
jb@civil.ist.utl.pt

Resumo: Neste artigo, procura ilustrar-se o processo de degradação genérico de fachadas rebocadas, com base num levantamento de campo de 100 casos de estudo, definindo-se os estados limite que determinam o fim da durabilidade da argamassa e identificando-se as condições que levam à decisão de reparar os rebocos aplicados em fachadas, correspondendo ao fim da vida útil destes.

Palavras-chave: durabilidade, destacamentos, estados limite, vida útil.

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade de um elemento da construção corresponde ao período de tempo durante o qual aquele mantém características físicas que lhe permitam responder às respectivas exigências de desempenho, sem que sejam atingidos estados limite.

No caso dos rebocos aplicados em fachadas, considera-se geralmente que tais estados limite correspondem à manifestação de fenómenos de perda de aderência, por exemplo através de destacamentos. No entanto e para a generalidade das situações correntes de argamassas aplicadas em fachadas, tais ocorrências não correspondem de facto ao limite da vida útil dos rebocos. De facto, ainda antes de se atingir este limiar, verifica-se que as fachadas apresentam um padrão de degradação relativamente bem definido ao longo do tempo: inicia-se com manifestações de manchas de sujidade de pouca gravidade, passando pelo aumento das áreas afectadas por manchas e pelo aumento da respectiva gravidade, pela ocorrência de fenómenos de fissuração, pela manifestação de situações de sobreposição de anomalias e, por fim, levando à perda de aderência da argamassa. Neste processo, existem factores subjectivos por parte do decisor, decorrentes da sua percepção do nível de degradação da fachada, que levam a que se considere atingido o limite da vida útil do reboco, ainda que a argamassa não tenha atingido o seu limite de durabilidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Trabalho de campo

O presente estudo insere-se numa investigação mais vasta relacionada com a vida útil de rebocos correntes aplicados em fachadas, durante a qual foram inspeccionados visualmente 100 casos de estudo.

A área média das fachadas estudadas é de 173 m², correspondendo maioritariamente a edifícios com 3 ou 4 pisos; os mínimos e máximos registados para a área da fachada são de 26 e de 649 m², respectivamente. A altura média das fachadas estudadas é de 16 m, registando-se máximos e mínimos de 50 e 6 m respectivamente. A idade média da amostra (correspondendo à data da última intervenção geral em termos de manutenção das fachadas) é de 16 anos; 25% da amostra tem menos de 5 anos; 25% da amostra apresenta entre 5 a 10 anos e 25% da amostra tem entre 10 e 20 anos; com uma excepção, todos os casos estudados apresentam idade igual ou inferior a 60 anos.

O trabalho de campo decorreu entre 2005 e 2008, tendo sido estudados edifícios de habitação revestidos com argamassas ricas em cimento, maioritariamente localizados na área metropolitana de Lisboa - e, dentro desta, situados no interior da cidade. Para cada caso de estudo, foram identificadas, registadas e quantificadas as áreas degradadas de acordo com três categorias principais de anomalias (manchas [1-3], fissuração [4] e perda de aderência [5]) e com cinco níveis de condição (ou de estado de degradação), desde a ausência de degradação visível (condição “0”) até à ocorrência de anomalias extensas e/ou que exigem reparação imediata (condição “4”).

2.2 Quantificação da degradação

Após registadas a localização e a extensão das anomalias, é determinado o nível global de degradação das fachadas através do indicador “severidade” [6, 7]. Este indicador designa o valor da extensão da degradação de fachadas (ponderada em função da sua condição), normalizado em relação a uma área de fachada de referência - correspondente à degradação máxima teórica para cada fachada estudada - como se indica na expressão (1).

$$S = (\sum A_n \cdot k_n \cdot k_{a,n}) / (A \cdot k) \quad (1)$$

em que,

S	severidade da degradação da fachada, normalizada, expressa em percentagem;
A_n	área de fachada afectada por uma anomalia n , em m ² ;
k_n	constante de ponderação das anomalias n , em função da sua condição, tomando os valores pertencentes ao espaço $\{0, 1, 2, 3, 4\}$;
$k_{a,n}$	constante de ponderação do peso relativo das anomalias detectadas, em que $k_{a,n} \in \mathbb{R}^+$; caso não exista qualquer especificação, dever-se-á assumir $k_{a,n} = 1$;
A	área da fachada, em m ² ;
k	constante de ponderação igual ao nível de condição mais elevada da degradação de uma fachada de área A (no caso presente, $k = 4$).

2.3 Curvas de degradação

Conhecido o ponto no tempo correspondente à mais recente intervenção global de manutenção na fachada, através do indicador Severidade é possível identificar um padrão de deterioração que expressa as variações do estado de degradação de fachadas rebocadas ao longo do tempo. Esta informação pode ser expressa graficamente através de uma nuvem de pontos, cujas abcissas correspondem à variável “tempo” e as ordenadas à variável “severidade” [6, 7], como se ilustra na figura 1 para a amostra estudada.

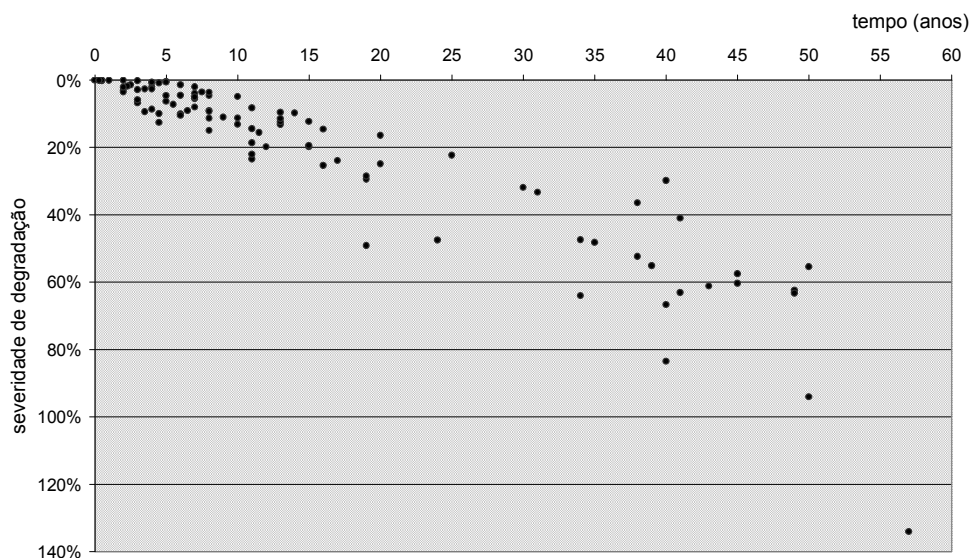


Figura 1: Representação gráfica dos resultados obtidos no trabalho de campo, expressando a severidade (em percentagem) ao longo do tempo (em anos).

A partir dos dados assim obtidos, é possível determinar uma curva média de degradação por métodos de regressão linear. Esta linha expressa a perda de desempenho média dos casos estudados, decorrente do respectivo aumento de degradação ao longo do tempo, em função das condições de serviço em que se encontram - e traduz portanto o efeito cumulativo da totalidade das acções e mecanismos de degradação que afectam os rebocos, em condições reais de serviço [8].

Por fim, conhecendo-se o nível mínimo de desempenho exigido, é possível determinar a vida útil média de referência para a amostra estudada. De igual modo, para cada ponto da amostra individualmente considerado, é possível determinar a respectiva vida útil média estimada, fazendo passar pelo ponto uma curva de degradação análoga à linha média de degradação da amostra. No caso dos rebocos correntes aplicados em fachadas, encontram-se definidos cinco níveis de aceitação relacionados com distintos níveis de exigência e respectivas estratégias de manutenção, correspondentes a cinco intervalos do indicador severidade [8].

3. DURABILIDADE DE REBOCOS EM FACHADAS

3.1 Ciclo de vida de rebocos

Após a sua entrada em serviço, as argamassas iniciam um processo contínuo de degradação até deixarem de cumprir níveis mínimos de desempenho que lhes sejam exigidos. Numa fase inicial, ocorrem sobretudo problemas de manchas, relacionados com a deposição de sujidade sobre a superfície da fachada ou com fenómenos de escoamento de água das chuvas [1-3]. Podem igualmente ocorrer manifestações de fissuração dos rebocos, geralmente devida a fenómenos de retracção da argamassa na fase de secagem, que, com o tempo, podem evoluir e até conduzir a situações de sobreposição de mecanismos de

degradação (por exemplo, devida à entrada de água através das descontinuidades do reboco, permitindo a entrada de sais ou a ocorrência de criptoflorescências) [4]. Na fase final do seu ciclo de vida, podem ocorrer anomalias por perda de aderência, onde se incluem fenómenos como a perda de coesão da argamassa (por pulverização, arenização ou, no caso de argamassas antigas, por erosão destas) ou os destacamentos (descolamento, deformação e desprendimento) [5].

Neste processo e à semelhança da maior parte dos produtos da construção, é pouco provável que ocorra a perda total de funcionalidade da argamassa devida à ocorrência de anomalias [9]. Pelo contrário, o mais provável é ocorrer uma perda parcial de desempenho de um ou de vários dos seguintes requisitos [2, 10-12]:

- impermeabilização do tosco da parede, traduzindo-se numa diminuição da durabilidade da parede e na alteração do equilíbrio termo-higrométrico entre o interior e o exterior;
- aspecto estético, medido através de indicadores visuais de qualidade;
- segurança, relativamente, por exemplo, ao desprendimento e queda de pedaços de revestimento ou à resistência mecânica a agressões exteriores;
- higiene, saúde e ambiente, igualmente relacionados com a possibilidade de desprendimento do reboco (ou perda de coesão).

3.2 Definição de estados limite

Para a determinação da durabilidade de rebocos correntes em fachadas, consideram-se os estados limite, isto é, as condições de degradação física das argamassas, para a além dos quais se considera que estas deixam de cumprir as exigências desempenho. Este estudo encontra-se realizado para cada um dos mecanismos de degradação associados aos grupos de anomalias acima listados (manchas, fissuração e perda de aderência). Para tal, em cada um dos casos de estudo analisados, isola-se cada um dos tipos de degradação e quantifica-se o nível global de degradação [NGD] da fachada através do indicador severidade.

3.2.1 Curva de regressão relativa a manchas em rebocos

A curva de regressão relativa ao NGD das fachadas estudadas decorrente de anomalias do tipo “mancha” está ilustrada na figura 2, permitindo verificar que, apesar da enorme dispersão dos resultados ($R^2 = 0,50$ - correspondente ao quadrado do coeficiente de correlação momentânea do produto de Pearson, que define a proporção da variância dos valores de y (nível de degradação) em relação à variância em x (idade do reboco)), existe um padrão médio que sugere que este tipo de anomalia se desenvolve praticamente desde o início do tempo de serviço dos rebocos, diminuindo o ritmo de degradação ao longo do tempo, com tendência para uma estabilização dos valores médios à volta de 30% de NGD. Verifica-se ainda que a degradação por manchas não corresponde geralmente a níveis globais de degradação muito elevados, apresentando valores médios em torno de 11% e com 80% dos casos com NGD inferior a 20%, dos quais mais de metade apresenta um NGD inferior a 5%. Estes dados sugerem que, não obstante as por vezes grandes extensões de fachada afectadas por manchas, esta anomalia não está directamente relacionada com o limite da durabilidade dos rebocos.

3.2.2 Curva de regressão relativa à fissuração em rebocos

Os dados relativos ao impacte da fissuração no nível global de degradação dos rebocos apresentam uma dispersão ainda maior do que relativamente às manchas (com um valor de R^2 de 0,23, o que impossibilita qualquer relação directa entre a idade e a ocorrência de fissuração). De facto, pela análise da figura 3, verifica-se que a fissuração é praticamente

transversal a rebocos de todas as idades.

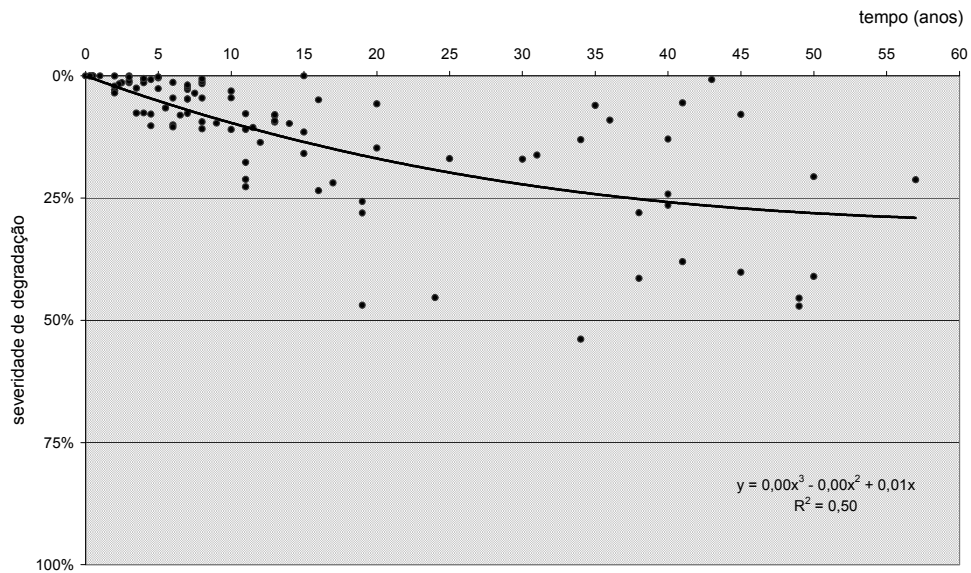


Figura 2 - Curva de regressão para a Severidade da degradação, relativa a anomalias do tipo "mancha".

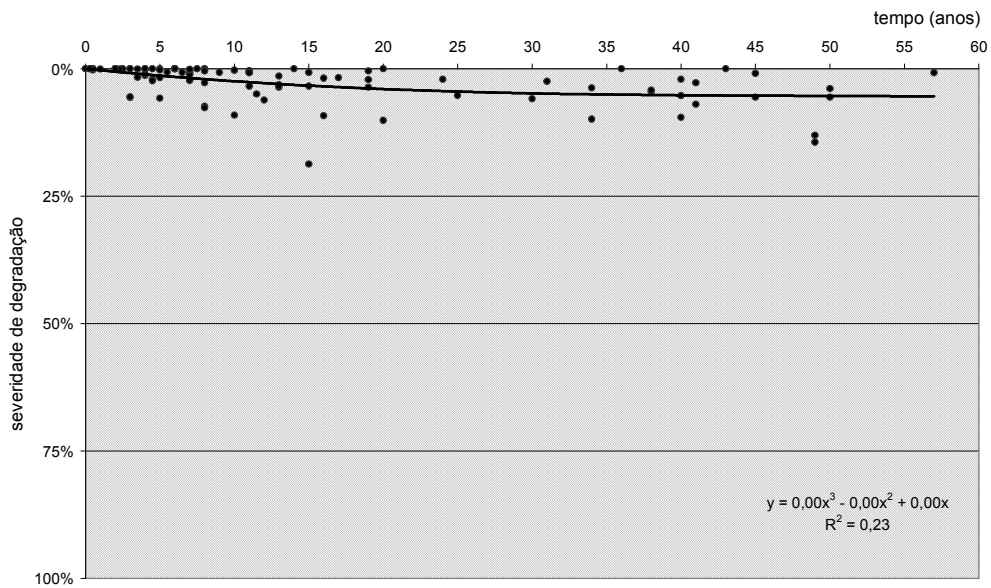


Figura 3 - Curva de regressão para a Severidade da degradação, relativa a anomalias do tipo "fissuração".

Este facto não quer dizer que não exista uma relação directa entre esta anomalia e a evolução da degradação dos rebocos ao longo do tempo, mas sim que provavelmente, a partir

de uma inspecção meramente visual, não é possível reconhecer a evolução deste mecanismo no tempo - de facto, em fases iniciais do processo, a fissuração poderá ser mesmo invisível apenas numa inspecção visual.

Nos casos estudados, verifica-se que a fissuração de rebocos, só por si, geralmente não significa o fim do tempo de serviço de fachadas rebocadas, dado que o valor médio do NGD da amostra estudada não ultrapassa os 10%. Estes resultados devem ser entendidos como uma tendência decorrente da informação recolhida em campo, não excluindo que a fissuração possa, pontualmente, contribuir directamente para o estado limite de casos concretos (como, de resto, se verifica em 5% dos casos estudados). Finalmente, importa referir que, mesmo que a fissuração não funcione como o principal mecanismo de degradação a condicionar a durabilidade de rebocos correntes, pode contribuir para potenciar a acção sinérgica de outros mecanismos de degradação e, assim, levar à aceleração do processo de deterioração das argamassas.

3.2.3 Curva de regressão relativa à perda de aderência em rebocos

Ao contrário dos mecanismos de degradação anteriormente referidos, a perda de aderência representa um estado limite altamente condicionante do desempenho das argamassas. De facto, quando ocorre, não só põe directamente em causa a segurança dos utentes (devido ao perigo de desprendimento e queda de pedaços de material) como deixa de ser cumprida a função de impermeabilização e de protecção das alvenarias.

Os mecanismos associados à perda de aderência em rebocos são também aqueles que melhor podem ser modelados a partir de curvas de regressão com base nos valores do nível global de degradação dos casos estudados: analisando a figura 4, apesar da grande dispersão da amostra (R^2 de 0,56), é claramente perceptível um padrão segundo o qual existe um período até 15 anos após a aplicação ou reparação dos rebocos durante o qual esta anomalia praticamente não se manifesta, seguido de uma fase em que se verifica uma maior ocorrência de situações de perda de aderência, num padrão exponencial.

Cruzando estes dados com a informação recolhida em campo, verifica-se que, apesar de ocorrer com relativa pouca frequência, nas situações de perda de aderência, a condição dos problemas é geralmente elevada e as consequências em termos de durabilidade das argamassas são muito negativas. De facto, apesar da baixa incidência desta anomalia (95% da amostra corresponde a NGD abaixo de 50%; 90% da amostra apresenta valores de NGD inferiores a 10% e cerca de dois terços da amostra apresentam mesmo valores de NGD inferiores a 1%), a perda de aderência corresponde a valores médios do nível global de degradação de 6,1% - cerca de duas vezes superior ao da fissuração e cerca de metade do valor médio obtido para as manchas - e, sobretudo, apresenta máximos de 112%.

Por fim, considerando-se um valor de referência entre 20 e 30% para o nível mínimo de desempenho de rebocos correntes (e admitindo-se que a perda de aderência corresponde ao estado limite que mais condiciona a durabilidade das argamassas), é possível estimar a durabilidade destas em torno dos 40 a 45 anos.

4. VIDA ÚTIL DE REBOCOS EM FACHADAS

Por vida útil ou o período de serviço entende-se o intervalo de tempo durante o qual as propriedades do edifício ou parte dele atingem ou excedem os níveis mínimos aceitáveis para o seu funcionamento, numa situação de manutenção corrente [13]. Representa, pois, o tempo de uso (conhecido ou previsto) até que se manifestem uma ou mais falhas - de ordem intrínseca ao elemento, normativa ou subjectiva - que conduzam à ausência de resposta às exigências ou expectativas que se lhe colocam, ou seja, o limiar crítico a partir

do qual se considera ser necessário substituir o elemento em causa.

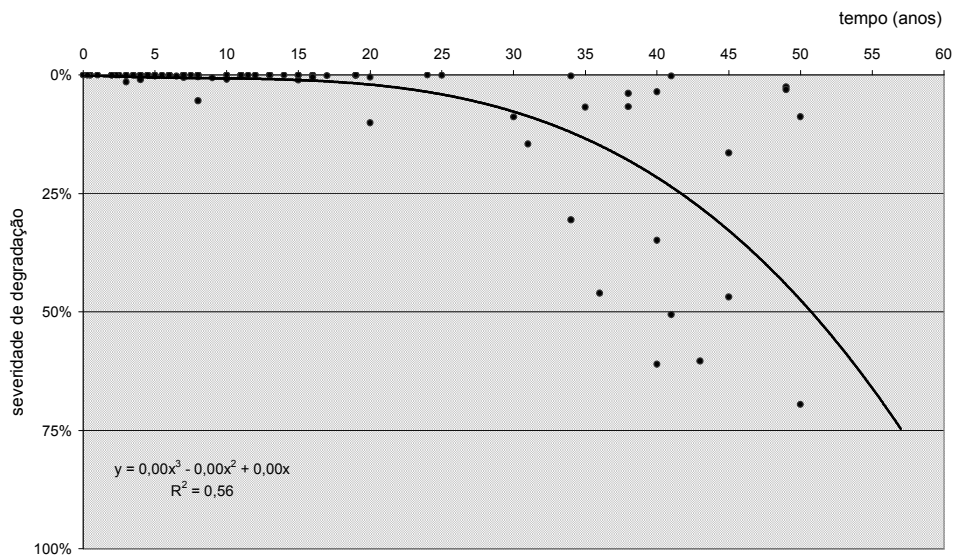


Figura 4 - Curva de regressão para a Severidade da degradação, relativa a anomalias do tipo “perda de aderência”.

No caso dos rebocos correntes aplicados em fachadas, partindo-se da hipótese segundo a qual aqueles apresentam limites de durabilidade (por outras palavras, de vida útil física) em torno dos 40 anos, procura-se determinar a respectiva vida útil (ou tempo de serviço) com base no NGD das fachadas, resultante da combinação de todos os mecanismos de degradação estudados. Para tal, determinou-se o nível de severidade da degradação para os 100 casos estudados (através do somatório dos valores obtidos para as anomalias do tipo mancha, fissuração e perda de aderência). Neste processo, foram hierarquizados os três tipos de anomalias, de acordo com um critério de custo de reparação que traduz, até certo ponto, a percepção da gravidade das anomalias obtida através de inquéritos a peritos e a profissionais: menor gravidade para as manchas, nível médio de gravidade para a fissuração e maior gravidade para as anomalias do tipo perda de aderência. O resultado assim obtido encontra-se ilustrado genericamente na figura 1, e expresso em termos de curva média de degradação na figura 5.

Uma análise da figura 5 revela que os resultados obtidos apresentam um valor de R^2 relativamente elevado ($R^2 = 0,88$), compatíveis com os dados disponíveis na bibliografia sobre o tema [14-16].

A curva de regressão obtida (que traduz o nível médio de degradação da amostra estudada) apresenta uma configuração em “S” (com uma mudança no ritmo de degradação em torno dos seis anos e nova inflexão em torno dos 30 anos, seguida de uma grande aceleração do ritmo de degradação). Esta configuração sugere que a degradação dos rebocos possa igualmente ser descrita com uma curva do tipo exponencial (um arranque relativamente constante até cerca de 20 anos, seguido de uma tendência de aceleração da degradação que se acentua a partir de 40 anos).

Em ambas as hipóteses, o padrão de degradação que se regista nos rebocos poderá resultar de uma sobreposição de dois tipos de fenómeno: a) por um lado, um padrão de degradação

corrente, resultante da acção de degradação dos agentes atmosféricos (e expresso por uma função do tipo Weibull); b) o efeito de anomalias precoces que originam uma quebra de desempenho logo no início da vida útil do material (e que corresponde a um intervalo de t entre zero e sete anos, mas que pode ser mais ou menos expressivo consoante a qualidade de pormenorização e de execução da obra).

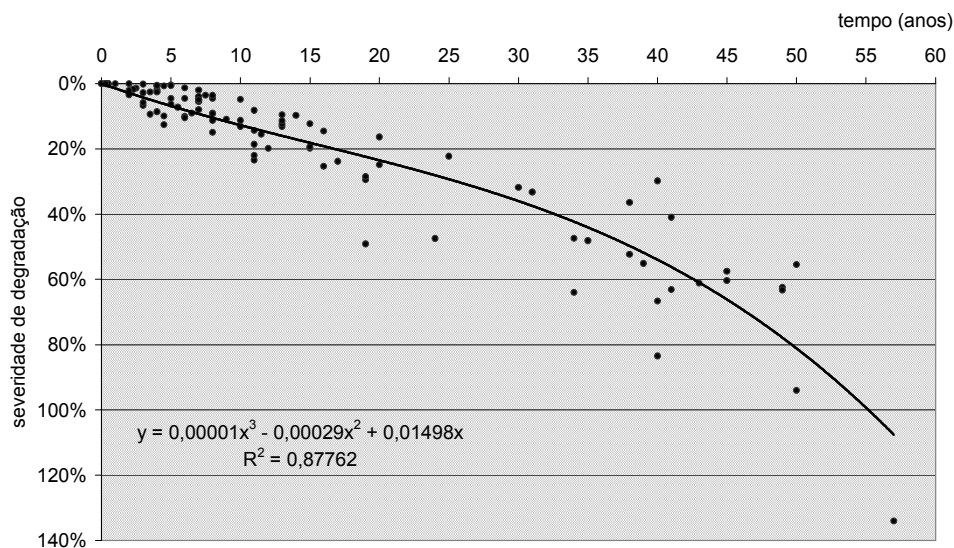


Figura 5 - Curva de regressão, expressando a severidade média de degradação global de rebocos em fachadas, ao longo do tempo (em anos) para a amostra estudada.

Considerando-se o limite mínimo aceitável para o desempenho de rebocos correntes em fachadas em torno de 20 a 30% (como acima referido para o estado limite condicionante da durabilidade deste material), por aplicação na figura 5, é possível determinar um intervalo de vida útil daqueles entre 17 e 21 anos - consideravelmente inferior ao valor anteriormente obtido para a durabilidade dos rebocos em fachadas.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados obtidos, com base num levantamento do estado de degradação de 100 fachadas rebocadas, sugerem que:

- as anomalias do tipo mancha e fissuração, apesar de excepções pontuais, não são geralmente decisivas para que os rebocos correntes aplicados em fachadas atinjam estados limite que marquem o fim da durabilidade deste material;
- as anomalias do tipo mancha, apresentam um padrão de degradação crescente, afectando por vezes extensões consideráveis da fachada, mas sem gravidade que afecte decisivamente os critérios de desempenho para os rebocos - à excepção, naturalmente, dos aspectos de qualidade visual da fachada, factor que, em certos casos (hotéis, edificios institucionais ou de serviços) poderá ser determinante;
- as anomalias do tipo fissuração são transversais a rebocos de todas as idades, não estando aparentemente relacionadas com a idade destes;

- as anomalias do tipo perda de aderência contribuem directamente para o alcançar de estados limite nos rebocos, já que afectam exigências de desempenho relacionadas com a segurança e a protecção das paredes; quando ocorrem tendem a ter uma gravidade elevada, que justifica geralmente uma intervenção de carácter reactivo, ainda que a manifestação de perdas de aderência possa ser pontual.

Com base nestes resultados, considera-se que a durabilidade (vida útil física) de rebocos correntes pode ser melhor expressa pelo padrão de degradação associado aos fenómenos de perda de aderência. Em situações correntes, este limite poderá ser considerado de 40 a 45 anos. Nestas situações, porém, a vida útil estimada (ou tempo de serviço) é consideravelmente inferior, situando-se em torno dos 17 a 21 anos. Estes valores resultam da quantificação da sobreposição dos fenómenos de degradação associados aos três tipos de anomalias e sugerem que, mesmo que não condicionem o limite da durabilidade dos rebocos, as manchas e a fissuração contribuem decisivamente para a diminuição do tempo de serviço deste material e para a percepção global da degradação numa fachada.

Estes dados devem ser cruzados com investigações recentes [17] que demonstram que a vida útil dos rebocos não decorre apenas de critérios quantificáveis relacionados com estados limite do material, mas que os donos de obra tendem a decidir em função da aparência geral do edifício, ou seja, na aparência estética deste. Na prática, desde que uma fachada inicia o seu processo de envelhecimento - traduzido em níveis crescentes de degradação e, inversamente, níveis decrescentes de desempenho - os utilizadores e proprietários são confrontados com a necessidade de corrigir tal processo. Numa fase inicial, a deterioração pode não ser perceptível mas, quando as anomalias se tornam evidentes, inicia-se um processo de decisão complexo que equilibra a necessidade de intervir com questões de custo, oportunidade e dificuldade da reparação - mas que raramente é adiado até a argamassa atingir o respectivo limite de durabilidade.

6. CONCLUSÕES

Na presente comunicação, apresentam-se os resultados obtidos para a durabilidade (vida útil física) e tempo de serviço (vida útil) de rebocos ricos em cimento, aplicados em fachadas de edifícios correntes, baseados em inspecções visuais a 100 casos de estudo.

Os dados recolhidos sugerem que os fenómenos de perda de aderência são os que determinam o estado limite dos rebocos, dado que estes deixam de assegurar as principais exigências de desempenho que se lhes colocam - segurança de utilização e protecção dos toscos das paredes. A informação recolhida em campo (obtida maioritariamente para fachadas localizadas em Lisboa) aponta para valores médios da durabilidade de rebocos correntes em fachadas em torno dos 40 a 45 anos.

Os fenómenos de deterioração relacionados com a ocorrência de manchas ou de fissuração não são geralmente determinantes para se atingir o limite de durabilidade das argamassas. No entanto, quando conjugados entre si e com a ocorrência de perda de aderência, conduzem a uma diminuição da durabilidade das argamassas, condicionando decisivamente a vida útil destas. Esta diminuição pode ser entendida sobretudo se se considerar que a decisão de intervenção nas fachadas decorre da percepção global da degradação destas, obtida pelo somatório de todas as anomalias que aí ocorrem. Os dados recolhidos sugerem assim que o tempo de serviço de rebocos correntes aplicados em fachadas poderá situar-se entre 17 e 21 anos.

Os valores de vida útil de rebocos em fachadas têm uma aplicação directa no planeamento e elaboração de acções de manutenção ao longo do ciclo de vida dos edifícios.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Flores-Colen, I.; de Brito, J. *Premature stains in façades of recent buildings*. 2nd International Symposium in Lisbon, L.N.E.C., Lisboa, Portugal, 6-8 Novembro 2003, pp. 311-320.
- [2] Flores-Colen, I.; de Brito, J.; Freitas, V.P. *Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas*. 1^o Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa, Portugal, 24 - 25 Novembro 2005, comunicação 03/05.
- [3] Flores-Colen, I.; de Brito, J.; Freitas, V.P. *Expedient in situ test techniques for predictive maintenance of rendered façades*. Journal of Building Appraisal, 2(2), June 2006, pp. 142-156.
- [4] Gaspar, P.; Flores-Colen, I.; de Brito, J. *Técnicas de diagnóstico e classificação de fissuração em fachadas rebocadas*. PATORREB 2006 - 2^o Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP / Universidade Politécnica da Catalunha, Porto, Portugal, 20-21 Março 2006, pp. 541-550.
- [5] Gaspar, P.; Flores-Colen, I.; de Brito, J. *Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Anomalias por Perda de Aderência em Rebocos*. 2^o Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa, Portugal, 22 - 23 Novembro 2007, comunicação 56/07.
- [6] Gaspar, P.; de Brito, J. *Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators*. Journal of Building and Environment 43(11), Novembro, 2008, pp. 1818-1828.
- [7] Gaspar, P.; de Brito, J. *Assessment of the overall degradation level of an element, based on field data*. 10DBMC, Lyon, Abril, 2005, pp. 1043-1050.
- [8] Gaspar, P.; de Brito, J. *Vida útil de referência de rebocos correntes em fachadas*. PATORREB 2009 - 3^o Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP / Universidade Politécnica da Catalunha, Porto, Portugal, 20-21 Março 2006, pp. 541-550.
- [9] Moubray, J. *Reliability-centred Maintenance*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1991.
- [10] Lucas, J. *Exigências Funcionais de Revestimentos de Paredes*. Lisboa, LNEC, 1990.
- [11] Veiga, M. *Argamassas de reboco para paredes de edifícios antigos: requisitos e características a respeitar*. Revestimentos de Paredes em Edifícios Antigos, Cadernos Edifícios nº 2, Lisboa, LNEC, 2002.
- [12] Flores-Colen, I.; de Brito, J.; Freitas, V.P.; Silva, L. *A resistência superficial como característica de desempenho de rebocos exteriores*. PATORREB 2006 - 2^o Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP / Universidade Politécnica da Catalunha, Porto, Portugal, 20-21 Março 2006, pp. 307-316.
- [13] ISO 15686-1:2000, *Building and constructed assets: Service life planning - Part 1: General principles*. Geneva, International Standard Organization.
- [14] Shohet, I.; Paciuk, M.; Puterman, M. *Deterioration patterns of exterior cladding components*, CIB/W87 - 2nd International Symposium in Lisbon, L.N.E.C., Lisboa, Portugal, 6 a 8 Novembro 2003, pp. 151-160.
- [15] Shohet, I. & Paciuk, M. *Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions*. Construction Management and Economics, 22(10), 2004, pp. 1081-1090.
- [16] Shohet, I.; Paciuk, M. *Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions*. Construction Management and Economics, 24(2), Fevereiro 2006, pp. 131-148.
- [17] Balaras, C.A.; Droutsas, K.; Dascalaki, E.; Kontoyiannidis, S. *Deterioration of European apartment buildings*, Energy and Buildings, 37(5), Maio 2005, pp. 515-527.