

CONTROLO E PREVENÇÃO DE ANOMALIAS DEVIDAS À CRISTALIZAÇÃO DE SAIS SOLÚVEIS EM EDIFÍCIOS ANTIGOS

Pedro Puim¹, Teresa Díaz Gonçalves² e Vânia Brito³

(1) Mestre em engenharia civil pelo IST, pedropuim@hotmail.pt

(2) Engenheira civil, doutorada pelo IST, investigadora do LNEC, teresag@Inec.pt

(3) Lic. engenharia civil, mestre em reabilitação de edifícios pela FCT/UNL, bolsista FCT no LNEC, vbrito@Inec.pt

RESUMO ARTIGO

A acção dos sais solúveis é uma causa frequente de degradação em edifícios antigos. Quando há presença de água, os sais dissolvem-se e formam soluções que migram nos poros de materiais como a pedra, os cerâmicos ou as argamassas. A degradação ocorre, em geral na sequência de processos de secagem, devido à cristalização de sais no interior dos poros, formando subflorescências que podem gerar tensões internas, ou na superfície do material, formando eflorescências.

Este artigo analisa diferentes métodos de controlo da degradação por sais. Baseia-se numa revisão de literatura recente que foca, principalmente, documentos publicados após o ano 2000.

Identificaram-se diferentes métodos, que obedecem a um ou mais dos seguintes princípios de funcionamento: (a) eliminação dos sais; (b) eliminação da humidade; (c) alteração do comportamento dos sais; (d) controlo ambiental; (e) alteração das características do meio físico em que se dá a degradação.

Os métodos analisados são: a remoção mecânica de eflorescências, a remoção de materiais contaminantes, o uso de compressas, a remoção electroquímica de sais, o uso de microrganismos, os modificadores de cristalização, o uso de revestimentos, o controlo climático, o controle da humidade ascensional e o método do hidróxido de bário. A complementaridade entre os métodos é também abordada, discutindo os possíveis benefícios de uma acção combinada.

O artigo foca ainda algumas medidas de prevenção destinadas a reduzir o risco de ocorrência da degradação.

No final, as práticas estudadas são sistematizadas de acordo com três abordagens possíveis: prevenção, mitigação e correcção.

Palavras-chave: sais solúveis, humidade, métodos de controlo



I. INTRODUÇÃO

A cristalização de sais solúveis é uma das principais causas de degradação dos edifícios antigos, causando problemas estéticos, diminuição das condições de habitabilidade, perda de vestígios históricos ou mesmo redução da segurança estrutural.

Como esquematizado na Figura 1, a degradação ocorre devido à presença simultânea de sais solúveis e água num material poroso sujeito a determinadas condições ambientais. Os sais poderão ser provenientes dos próprios materiais de construção ou ter origem externa. Em contacto com água, formam soluções que migram no interior dos materiais porosos. A degradação ocorre quando cristalizam na superfície do material (formando eflorescências) ou no interior dos poros (formando subflorescências que podem introduzir tensões internas no material). A cristalização dá-se, em geral, durante processos evaporativos de secagem, podendo as variações de temperatura ter influência no caso dos sais cuja solubilidade é sensível a este parâmetro.

Este artigo tem como objectivo discutir brevemente diferentes métodos para lidar com a degradação por sais. Baseia-se numa revisão de literatura recente [Puim 2010] que foca principalmente documentos publicados após o ano 2000 e vem complementar trabalhos anteriores sobre a temática [Price 1995, Vergès-Belmin 2006, Borrelli 2006]. O artigo apresenta primeiro os métodos de controlo identificados, discutindo brevemente as suas vantagens e limitações, bem como os potenciais benefícios de uma utilização conjunta. Aborda depois algumas medidas de prevenção fundamentais. No final, propõe uma sistematização das práticas identificadas de acordo com três abordagens possíveis: prevenção, mitigação e correcção.

Por falta de espaço, não é possível indicar no artigo as referências bibliográficas de toda a documentação utilizada. Estas podem ser consultadas em Puim [2010].

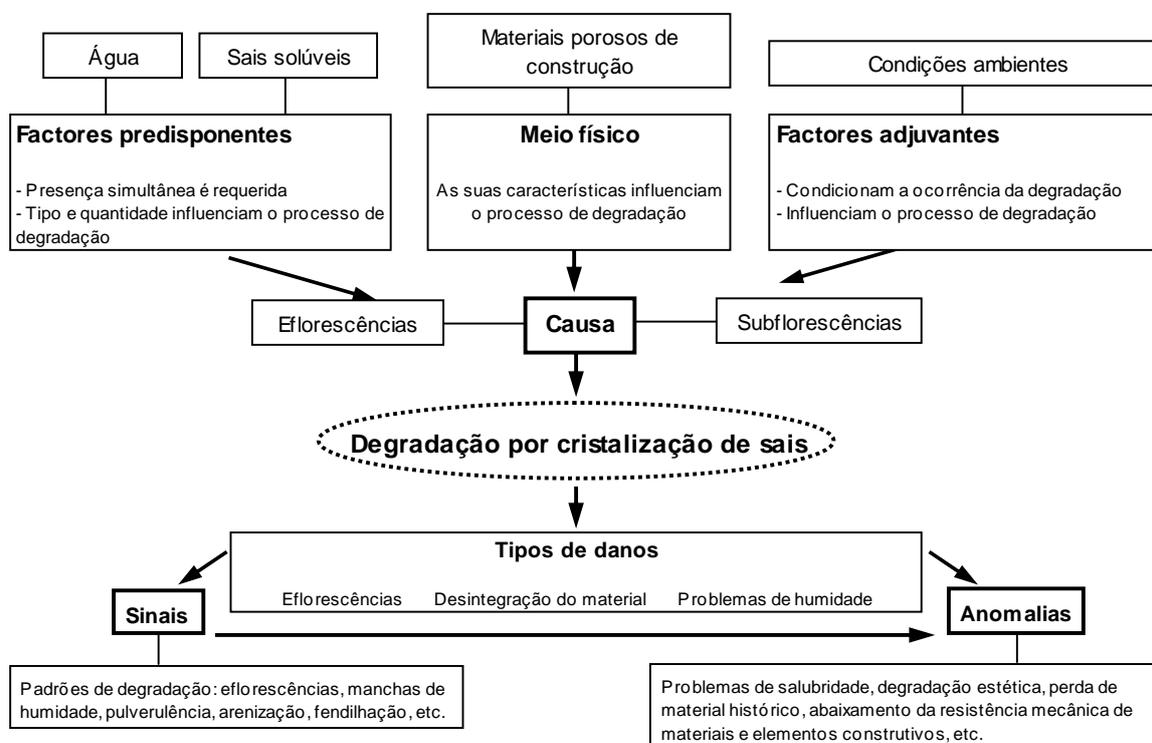


Figura 1 – Patologia da degradação por sais

II. MÉTODOS PARA CONTROLO DA DEGRADAÇÃO

Foram identificados dez métodos principais de controlo da degradação por sais. Estes métodos podem ser classificados de acordo com o seu princípio de funcionamento: (A) eliminação dos sais; (B) eliminação da humidade; (C) alteração do comportamento dos sais; (D) controlo das condições ambientais; (E) alteração das características do meio físico.

A remoção mecânica de eflorescências (princípio A) é, em geral, efectuada por escovagem das superfícies. É de fácil execução e pode melhorar as condições estéticas e de salubridade. Tem ainda a vantagem de evitar a reabsorção dos sais cristalizados. No entanto, é uma solução temporária e pode danificar materiais mais fracos.

A remoção de materiais contaminantes (princípio A), tais como argamassas feitas com areias mal lavadas ou rebocos de cimento Portland, pode eliminar definitivamente o problema uma vez que suprime um dos factores predisponentes (sais). Contudo, é preciso verificar se não houve migração de sais para materiais porosos adjacentes. Em alguns casos a remoção pode não ser viável (por exemplo, quando toda a argamassa de assentamento de uma alvenaria foi originalmente efectuada com areia de mar).

A aplicação de compressas (princípio A), com base em argila ou compostos de celulose, na superfície do material pode possibilitar a remoção dos sais e sua acumulação na compressa por processos de difusão em meio líquido (compressas húmidas) ou por capilaridade (compressas secas). É um método não-intrusivo mas a sua efectividade é de poucos centímetros, a remoção de sais pouco solúveis é difícil e pode ter reduzida eficácia em superfícies pouco absorventes. Os seus efeitos são temporários se o fornecimento de sal não for eliminado. No caso das compressas húmidas, a água introduzida pelo processo pode provocar a migração de sais para maiores profundidades.

Na remoção electroquímica de sais (princípio A) gera-se um campo eléctrico que induz a migração dos sais dissolvidos em direcção aos eléctrodos colocados no material. Tem como limitações a possível necessidade de molhar a alvenaria, a difícil remoção de sais pouco solúveis, o risco de alteração do pH na zona dos eléctrodos e a necessidade de repetições periódicas se as fontes de sal ou humidade não forem desactivadas.

O uso de microrganismos capazes de, na sua actividade metabólica, consumirem os sais (princípio A) é um método que não provoca desgaste da superfície e é compatível com o meio ambiente. Contudo, só permite tratar as camadas superficiais e funciona apenas com alguns tipos de sais (nitratos e sulfatos, principalmente). A aplicação pode ser feita através de spray, pincelagem ou compressas. Requer a realização de tratamentos periódicos sempre que as fontes de sal ou humidade não sejam eliminadas.

Os modificadores de cristalização (princípio C) podem actuar de quatro formas principais: (i) os inibidores de cristalização previnem ou atrasam o crescimento dos cristais, havendo contudo risco de ocorrência de maiores pressões de cristalização uma vez que se atingem supersaturações mais elevadas; (ii) os promotores de nucleação aumentam o número de cristais mas diminuem o seu tamanho, o que gera menores tensões internas no material; (iii) os modificadores de hábito são adsorvidos em determinadas faces do cristal, dando origem a formas cristalinas diferentes e potencialmente menos nefastas; (iv) estes produtos podem também actuar promovendo o transporte salino até a superfície e, assim, a formação de eflorescências que não causam danos e podem ser removidas, em vez de subforescências. É um método pouco intrusivo, havendo contudo necessidade de repetições periódicas sempre que as fontes de sal ou humidade não sejam eliminadas. O reduzido número de estudos ainda realizados é uma limitação importante mas esta é claramente uma técnica promissora.



Os rebocos são utilizados como modo de conviver com o problema da degradação (princípio E) ou como um método de dessalinização (princípio A). Dependendo do seu princípio específico de funcionamento, podem apresentar diferentes possibilidades e riscos (Tabela 1), adequando-se assim a situações com exigências funcionais distintas. O princípio específico de funcionamento tem a ver com a profundidade a que os sais cristalizam. Não decorre apenas das características do reboco, sendo também influenciado pela natureza do substrato, pela eventual pintura, pelo tipo de sal e sua concentração, etc.

Tabela 1 – Possibilidades e riscos de diferentes tipos de reboco

| | Princípio específico de funcionamento → | Reboco selante (1) | Reboco de bloqueio de sal (2) | Reboco de transporte de sal (3) | Reboco de acumulação de sal (4) |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Possibi- -lidades | Protecção do suporte | | | X | X |
| | Superfície seca e isenta de sais | X | X | | X |
| | Protecção de elementos adjacentes | | | X | |
| Riscos | Degradação superficial (sais e humidade) | | | X | |
| | Degradação do suporte | X | X | | |
| | Destacamento do revestimento | X | X | | X* |
| | Degradação de elementos adjacentes ou aumento do nível da humidade | X | X | | X |

(1) não permitem a migração de vapor nem de líquido; (2) permitem o transporte de vapor mas não de líquido; (3) favorecem a migração das soluções salinas e, logo, a formação de eflorescências; (4) permitem o transporte líquido mas impedem que estes atinjam a superfície;

* este tipo de reboco pode fracturar na zona de deposição de sal, destacando-se a sua camada superior

O controlo ambiental (princípio D) consiste na implementação de condições de temperatura ou HR que impeçam a ocorrência ou minimizem a frequência dos ciclos de cristalização/dissolução dos sais. O método apenas é viável no interior de edifícios e tem geralmente custo elevado. A escolha das condições ambientes óptimas poderá ser complexa, devendo ainda ser avaliado o risco de desenvolvimento biológico. No entanto, não há intervenção directa sobre os elementos, o que é uma vantagem no caso de materiais fracos ou elementos com valor histórico e artístico.

O controlo da humidade ascensional (princípio B) permite reduzir ou impedir o acesso de humidade. Pode ainda eliminar a fonte de sal, caso esta seja o terreno. Assim, em alguns casos, resolve definitivamente o problema, sendo que a humidade ascensional é a mais frequente origem de humidade. Existem diversas técnicas: redução da secção absorvente; introdução de barreiras estanques; injeção de produtos impermeabilizantes; electro-osmose; tratamento superficial do terreno contíguo ao edifício; execução de valas periféricas. Pode haver dificuldades na implementação de algumas técnicas face a características próprias do edifício ou da sua envolvente, bem como aos custos que por vezes são elevados.

O método do hidróxido de bário permite transformar o gesso (sulfato de cálcio) num sal (sulfato de bário) que é praticamente insolúvel. Aplica-se primeiro carbonato de amónio, resultando sulfato de amónio e carbonato de cálcio. Depois, aplica-se hidróxido de bário que insolubiliza o sulfato de amónio, transformando-o em sulfato de bário. As aplicações são, em geral, feitas com recurso a compressas. O método é aplicável a um único tipo de sal (o gesso) e permite tratar apenas a camada superficial. Há ainda a questão da elevada toxicidade do hidróxido de bário.

III. COMPLEMENTARIDADE ENTRE MÉTODOS

A abordagem dos problemas de degradação por cristalização de sais solúveis pode passar pela utilização conjunta de diferentes métodos [Lopez-Arce *et al.* 2009]:

- A remoção mecânica de eflorescências é recomendável na sequência da utilização de métodos que favoreçam a cristalização à superfície.
- Depois da remoção de materiais contaminantes, caso tenha ocorrido migração de sais para os elementos adjacentes, pode efectuar-se uma dessalinização complementar destes (através de rebocos sacrificiais, compressas, remoção electroquímica ou microrganismos).
- Antes da aplicação de um novo reboco pode ser feita uma dessalinização superficial (com compressas, por exemplo) para promover a aderência [Vergés-Belmin 2006].
- Após eliminação da humidade ascensional, pode ser recomendável implementar medidas de controlo ambiental ou efectuar uma dessalinização (com rebocos sacrificiais, remoção electroquímica, compressas ou microrganismos) se existirem sais higroscópicos, uma vez que estes podem ser mobilizados apenas por absorção da humidade do ar.
- No caso da utilização de rebocos de acumulação, pode ser recomendável reduzir previamente a humidade ascensional (se existir) uma vez que o excesso de água (elevado fluxo líquido) pode promover o transporte de sais até à superfície, corrompendo o princípio específico de funcionamento deste tipo de rebocos.

IV. MEDIDAS DE PREVENÇÃO

Há factores cujo controlo pode minimizar o risco de ocorrência da degradação. A entrada de água na construção, os novos materiais a utilizar e a alteração das condições ambientes são talvez os principais.

A presença de água decorre muitas vezes do mau estado da edificação ou dos seus elementos (coberturas, caixilharias, tubagens, etc.), pelo que uma adequada e regular manutenção é essencial. É também necessário ter atenção à envolvente, promovendo o correcto escoamento da água da chuva em áreas adjacente à construção.

Os novos materiais podem introduzir sais na construção, como acontece no caso de argamassas executadas com areias mal lavadas ou águas contaminadas (que incluem sais como o cloreto de sódio) ou com materiais cerâmicos (que podem possuir por exemplo sulfatos). Os novos revestimentos, em particular, podem modificar o equilíbrio entre os fluxos líquido e de vapor e, conseqüentemente, alterar o local e a profundidade a que os sais cristalizam, assim como a intensidade da degradação [Gonçalves e Rodrigues 2006].

Qualquer intervenção que interfira com as condições ambientes (abertura ou encerramento de vãos, introdução de aparelhos de ar condicionado, desumidificadores, aquecedores ou mudança do tipo de utilização do edifício) pode também despoletar ou agravar a degradação causada pelos sais. A introdução de fontes de calor, por exemplo, propicia um aumento da taxa de evaporação, o que pode elevar a taxa de cristalização. Por outro lado, o balanço entre os fluxos líquido e de evaporação é alterado, o que pode gerar um recuo da frente húmida e, conseqüentemente, a formação de subflorescências. O uso de desumidificadores (redução da HR do ar) pode ter um efeito semelhante.



V. CONCLUSÕES

A degradação por sais pode ser abordada numa óptica preventiva ou numa óptica de controlo, podendo em certos casos haver uma abordagem mista. O controlo da degradação pode integrar métodos correctivos, que permitem a eliminação definitiva de pelo menos um dos factores predisponentes (sais e água) e métodos de mitigação que permitem a redução, atenuação ou suspensão da degradação.

Na Figura 2 efectua-se um resumo dos métodos discutidos, enquadrando-os segundo estas perspectivas. Como se pode observar, apenas um reduzido número de métodos, nem sempre viáveis ou adequados, podem permitir uma resolução definitiva (correção) dos problemas. A prevenção e o controlo continuado da degradação apresentam maior diversidade de alternativas.

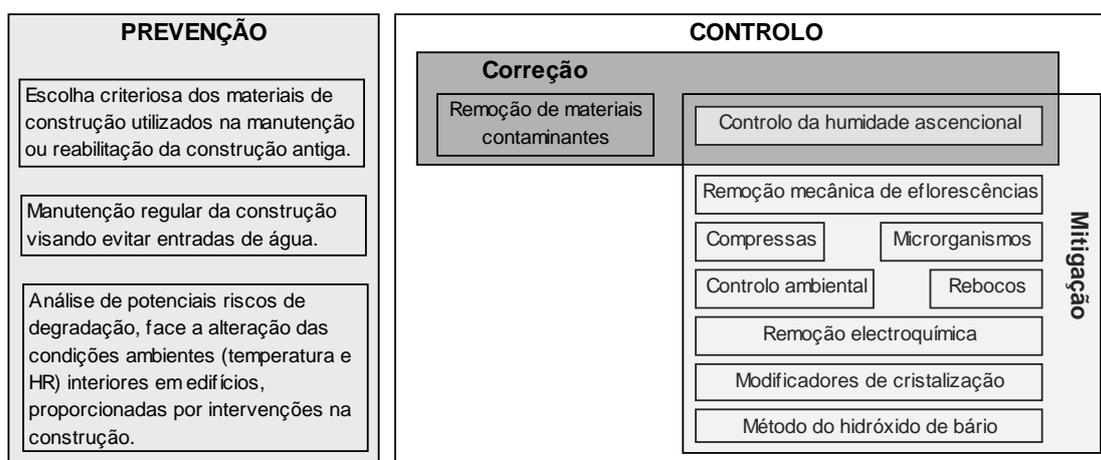


Figura 2 – Abordagens possíveis no combate à degradação por sais solúveis em edifícios antigos

AGRADECIMENTOS

Este artigo baseia-se na tese de mestrado (IST/LNEC) do primeiro autor [Puim 2010]. A elaboração e apresentação do artigo foram posteriormente realizadas no âmbito do projecto DRYMASS (refª PTDC/ECM/100553/2008) que é financiado por Fundos Nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e do LNEC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORRELLI, E.- “Desalination Systems: types, applications and efficacy”. Proc. Seminário Sais Solúveis em Argamassas de Edifícios Antigos. Danos, Processos e Soluções, Lisboa, LNEC, 133-140. Publicação CS 32. 2006.
- GONÇALVES, T. D. e RODRIGUES, J. D. – “Rebocos para paredes antigas afectadas por sais solúveis”: in Proc. Seminário Sais Solúveis em Argamassas de Edifícios Antigos. Danos, Processos e Soluções, Lisboa, LNEC,35-47, 2006.
- LOPEZ-ARCE, P., DOEHNE, E., GREENSHIELDS, J., BENAVENTE, D. e YOUNG, D. - Treatment of rising damp and salt decay: the historic masonry buildings of Adelaide, South Australia. *Materials and Structures* 42, 2009, 827-848.
- PRICE, C. - Salt damage in monuments, and means of control. J. Beavis and K. Barker (ed.), *Science & Site: evaluation and conservation*, Bournemouth, Bournemouth University School of Conservation Science, 229–237. 1995.
- PUIM, P. – Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos. Dissertação de mestrado. LNEC e IST, Lisboa. 2010.
- VERGÈS-BELMIN, V. - Desalination of porous building materials: a review. *European Research on Cultural Heritage: State-of-the-art Studies*, 5, Czech Republic, Institute of Theoretical and Applied Mechanics, 249-274. 2006.

