

Eflorescências em estuques antigos

Paulo Malta da Silveira¹, Rosário Veiga² e Jorge de Brito³

¹ Mestre em Construção, C. M. Lisboa, Docente ISEL.

² Investigadora Auxiliar LNEC.

³ Professor Associado IST.

Resumo: As eflorescências constituem um dos mais frequentes tipos de patologia que afectam os revestimentos estucados dos edifícios antigos. Se muitas vezes se trata de uma anomalia facilmente eliminável, outras os seus efeitos são fortemente nefastos podendo causar a destruição de elementos estucados que constituem verdadeiras obras de arte. O artigo começa por referir, de forma abreviada, os principais suportes que servem de base às superfícies estucadas e a composição do revestimento estucado tradicional. Caracteriza-se depois a sintomatologia, mecanismos de formação e efeitos das eflorescências nos estuques antigos.

1. Introdução

O actual estado de desenvolvimento do país indicia que se atingiu uma época em que se deve atender de forma consistente e verídica à problemática da conservação do património histórico edificado, preservando para as gerações futuras o que foi legado pelos nossos antepassados. Pretende-se neste contexto dar um contributo para a manutenção e salvaguarda dos elementos estucados dos edifícios construídos até ao início dos anos 40 do século XX, pela análise de causas e efeitos originados pelas eflorescências. Os estuques destes edifícios, e nomeadamente os seus suportes, os materiais utilizados no processo construtivo e as superfícies pintadas, encerram um conjunto de características comuns que possibilitam ou favorecem o aparecimento de eflorescências. A actual teoria da conservação preconiza a manutenção dos elementos antigos existentes e o recurso a intervenções realizadas, sempre que possível, com carácter limitado. Se, no caso de reconhecidas obras de arte estucadas, tal princípio é facilmente compreendido, quando o revestimento estucado é mais comum, as intervenções alargadas são mais frequentes e surgem muitas vezes eflorescências originadas por materiais impróprios, tradicionais ou não, como a seguir se refere e se ilustra na figura 3.

2. Suportes estucados

Os estuques eram utilizados em todo o tipo de edificações, desde os comuns *prédios de rendimento* dos centros urbanos aos mais ricos palacetes, igrejas ou conventos. As paredes, em geral de alvenaria, eram formadas por pedras e tijolo cerâmico, sendo muitas vezes utilizado material de enchimento diverso, como sejam pequenas pedras, cacos de tijolo, argila ou terra vegetal no interior, a fazer a ligação entre panos de blocos razoavelmente aparelhados. Esta camada interior é em geral fonte de movimentos de saís, caso esteja em contacto com qualquer tipo de humidade: do solo, pluvial ou qualquer outra causa. Com a construção Pombalina, torna-se obrigatório o recurso à estrutura de madeira no interior da alvenaria. Os frontais eram as principais paredes divisóri-

as interiores, integradas na *gaiola Pombalina*, e eram constituídos por uma estrutura de madeira formando rectângulos e cruces de Santo André preenchidos por alvenaria. Os tabiques constituíam as paredes de compartimentação secundárias, assentavam nos pavimentos ou nas paredes e conferiam um acréscimo de ductilidade ao edifício. Eram em geral formados por tábuas ao alto e fasquias horizontais. Precedendo a aplicação do estuque, era executada uma camada de regularização constituída por um reboco tradicional de cal e areia. Este revestimento tinha por finalidade estabilizar e homogeneizar os paramentos das paredes, respectivamente do ponto de vista geométrico e de absorção de água. Os tabiques, e por vezes os frontais, eram fasquiados, facilitando a aderência do revestimento ao seu suporte.

Nos tectos, o revestimento estucado era em geral executado sob arcos de alvenaria, como por exemplo sob os vãos exteriores, ou sob vigamento de madeira com fasquias. Nesta situação, que era a mais comum, o tecto ficava sob o vigamento do pavimento do piso superior ou era colocado no chamado *vigamento de esteira*, desligado do piso superior. Na solução solidária com o piso superior, o fasquiado era pregado directamente sob o vigamento, seguindo-se a aplicação do revestimento estucado. A estrutura, desligada do piso superior formando uma caixa-de-ar, surgia nos edifícios de construção mais cuidada. As fasquias, pregadas na direcção perpendicular ao vigamento, tinham secção rectangular ou trapezoidal, facilitando mais estas últimas a aderência da argamassa ao suporte.

3. Revestimento estucado

Apesar do número e características das camadas ser variável, o revestimento estucado das paredes e tectos era em geral composto por: reboco, uma argamassa de cal aérea; esboço, uma argamassa de cal, gesso escuro e areia de esboço, numa espessura de 3 a 5 mm; estuque, uma pasta ou argamassa de gesso e cal aérea, com cerca de 3 mm de espessura. A fim de alterar o tempo de presa, a dureza ou a resistência à humidade do estuque, podia ser adicionada uma vasta gama de produtos de origem mineral ou animal. São exemplos alguns saís, apesar dos seus efeitos nefastos, colas e gelatinas de origem animal, açúcar, glicerina, caseína, serradura ou pó de tijolo. O reboco de enchimento das paredes, assente sobre a alvenaria ou sobre fasquias com espessura de 10 a 15 mm [12], era constituído por uma argamassa de cal apagada, ao traço volumétrico entre 1:1,5 e 1:3 [7]. Nos tectos, o traço utilizado era mais rico e o enchimento tinha uma espessura de até 1 cm fora da face inferior do fasquiado. O esboço mais comum era formado por gesso, cal em pasta e areia ao traço 1:2:1, com de retardadores de presa. O estuque podia obter-se de uma mistura de cal aé-

rea, gesso e areia muito fina ou pó de pedra ao traço 3:1:1 a 1:1:0 e um retardador de presa [2].

4. Eflorescências

Os elementos estucados constituem naturalmente estruturas de elevada porosidade aberta e higroscopicidade e grande variabilidade de propriedades, em virtude não só de grande variação nas dosagens dos seus componentes, como do vasto número de aditivos que eram utilizados. Apesar de o gesso ser pouco solúvel em água (2,41 g/l) [3], a acção intensa e contínua da humidade pode servir de veículo a diversas agressões de natureza física ou química, nomeadamente movimentos de sais solúveis. Um revestimento estucado que esteja em contacto com humidade resulta, em geral, irreversivelmente manchado e inicia um processo de deterioração que será tanto mais rápido quanto mais poroso for o material.

4.1 - Veículos de formação

De uma forma simplificada, pode-se definir as eflorescências como sendo exsudações de sais minerais solúveis em água, que se podem manifestar sobre os paramentos estucados. As criptoflorescências poderão ser tomadas como um caso particular das eflorescências, quando os sais se manifestam sob os paramentos. Na base da sua ocorrência, está sempre um movimento de água: proveniente do solo, de origem pluvial (figs. 1 e 2), da rotura de tubagens ou de outra qualquer causa fortuita. A humidade com origem no solo manifesta-se tipicamente através de manchas de desenvolvimento horizontal, quer em paredes exteriores quer em paredes interiores, e a sua ascensão será tanto maior quanto maior for a espessura da parede. A humidade pluvial é sazonal e manifesta-se nas paredes exteriores, em geral junto a descontinuidades arquitectónicas, como sejam vãos exteriores ou ligações à cobertura. Os efeitos da rotura de tubagens, entupimentos de caeiras ou tubos de queda nas coberturas, manifestam-se pela sua natureza localizada em termos espaciais, podendo no entanto surgir muito distanciados da origem do problema.



Fig. 1 - Eflorescências em ombreira de vão exterior de um edifício gaioleiro.

Para que o fenómeno ocorra é, no entanto, indispensável a existência de sais na constituição dos materiais da construção, na humidade ascendente do solo ou no ambiente envolvente. Os sais são compostos resultantes da substituição por um ou mais átomos de hidrogénio que se soltam de uma base ácida. É o que se

passa com o hidróxido de cálcio na reacção da cal viva com a água, que, ao reagir com algum metal, desprende hidrogénio e forma um sal [9]. Os sais são essencialmente iónicos e, como tal, cristalinos. Para um sal se poder precipitar numa solução aquosa, tem de haver matéria para formar a ligação do catião ao anião respectivo, e a temperatura e pressão têm de ser superiores a determinados valores, constantes para cada tipo de composto formado.



Fig. 2 - Eflorescências em parede exterior de uma igreja setecentista.

Existem dois tipos distintos de precipitação dos sais nos revestimentos: no primeiro, os sais precipitam-se numa solução aquosa, da forma já referida; no segundo, os sais precipitam-se nos paramentos por reacção higroscópica com o ar húmido [1]. Estes últimos sais são designados por deliquescentes (ou higroscópicos), ou seja, têm a propriedade de absorver humidade do ar, dissolvendo-se e formando solução quando a humidade relativa do ar está acima de 65 a 75% [6]. Sempre que a concentração do sal excede o nível de saturação e a humidade relativa baixa daqueles valores, o sal cristaliza com considerável aumento de volume. A presença destes sais no estuque cria por vezes a ilusão de que se verifica evaporação de água proveniente do interior da parede. Estes sais são, pois, susceptíveis, não só de provocar o humedecimento das superfícies onde se encontram, mas também de originar fenómenos de degradação ao longo do tempo, como consequência da sucessão de ciclos dissolução - cristalização.

4.2 - Causas do fenómeno

As causas para o desenvolvimento deste fenómeno são diversas: utilização nos materiais constituintes das paredes (fig. 3) de tijolos com nódulos de calcário ou elevado teor de sais; areias com partículas argilosas, salitrosas ou ferruginosas; água salgada ou com matéria orgânica; enchimentos terrosos no interior das paredes; retardadores de presa ou endurecedores de natureza mineral utilizados de forma imprópria [3]; manuseamento com ferramentas pouco limpas [12]; sais transportados do solo em águas ascendentes por capilaridade. A utilização de pigmentos de terra natural na pintura tradicional pode também influenciar o mecanismo de formação de eflorescências, em especial na pintura a fresco [5]. Estes pigmentos eram misturas de minerais argilosos que, ao penetrarem nos paramentos, passavam a fazer parte dos

revestimentos, fazendo com que estes ficassem com maiores potenciais de absorção de água e, conseqüentemente, acumulação de sais. Menos vulgarmente, as incrustações podem também ser originadas por água de condensação e poeiras transportadas por ventilação, que depois se fixam nas paredes humedecidas e frias, acabando por cristalizar. As partículas transportadas pela atmosfera podem ser agentes de poluição, naturais ou artificiais, e terem mesmo a dimensão de aerossóis (partículas tão pequenas e leves que podem permanecer estáveis em suspensão no ar). Os naturais são em geral sílica, carbonato de cálcio, cloretos e sulfatos de metais alcalinos, originários maioritariamente do solo [10]. Os artificiais são os que se formam nas atmosferas poluídas das cidades e zonas industriais, como sejam partículas provenientes de combustões.



Fig. 3 - Eflorescências surgidas após abertura e tapamento de dois extensos roços horizontais

4.3 - Sintomas e conseqüências

De modo simplificado mas abrangente, pode dizer-se que o mecanismo de formação das eflorescências se processa do seguinte modo:

- ♦ dissolução e transporte de sais solúveis presentes nos materiais de construção ou provenientes do solo, pela água presente ou surgida no interior dos revestimentos e dos seus suportes;
- ♦ migração da água com os sais dissolvidos, através dos poros dos materiais, até ao paramento do revestimento;
- ♦ evaporação superficial da água, cristalizando com aumento de volume os sais que tinha dissolvidos.

Quando a evaporação ocorre quase totalmente à superfície, por o estuque oferecer fraca resistência à passagem da humidade, os sais são transportados até ao exterior, depositando-se nos pontos de evaporação da água e cristalizando sob a forma de eflorescências. Se, pelo contrário, as condições de evaporação da água são menos favoráveis, após um breve período de evaporação superficial, esta continua no interior do revestimento [10], e os sais cristalizarão a níveis mais profundos, formando as criptoflorescências. Este fenómeno é de uma forma geral mais nefasto para o estuque que o anterior e a sua ocorrência é facilitada por uma camada estucada, que ofereça resistência à passagem da água. A porosidade dos materiais constituintes das camadas mais profundas pode também condicionar o acesso dos sais à superfície e, no caso de serem de natureza pouco resistente [4], acabarão mesmo por se fragmentar, danificando o revestimento. O local de cristalização dependerá pois das condições de

evaporação, da natureza do material e também do tipo de sais [10], encontrando-se frequentemente os dois fenómenos (eflorescências e criptoflorescências) numa mesma superfície, pois os revestimentos e paramentos raramente são homogêneos.

As manchas que surgem são em geral de cor esbranquiçada e, nas situações mais frequentes, são flocos cristalinos de aspecto pulverulento, facilmente solúveis em água. Em casos mais esporádicos, são criadas películas de aspecto vítreo, dificilmente solúveis em água. As áreas e formas das manchas podem ser bastante variáveis, indo desde grandes zonas de tonalidades onduladas a pequenos núcleos isolados de formato irregular, ou apenas pequenas escorrências, em geral a partir das fissuras do paramento.

Numa fase adiantada do processo de deterioração, pode surgir o gizamento do paramento, fissuração ou perda de aderência. Pode ainda verificar-se o destacamento da base com formação de convexidades e empolamento, por dilatação diferencial na espessura da camada de revestimento exterior. Esta situação patológica pode ser motivada pela presença prolongada de água no suporte, com a cristalização de sais. Geram-se desta forma tensões na ligação do revestimento ao suporte, ou entre camadas, o que provoca o posterior desprendimento parcial do revestimento (fig. 4).



Fig. 4 - Empolamento e desligamento de camada estucada sobre criptoflorescências

4.4 - Influência dos sais e da taxa de abastecimento de água

Os sais que em geral estão relacionados com a ocorrência de patologia são resultantes de compostos formados pelos aniões de sulfato (SO_4^{--}), carbonato (CO_3^{--}), cloreto (Cl^-), nitrito (NO_2^-) ou nitrato (NO_3^-), associados aos cations de sódio (Na^+), magnésio (Mg^{++}), potássio (K^+) ou cálcio (Ca^{++}), dos quais os sulfatos e os carbonatos não são higroscópicos [6]. A sílica (SiO_2) presente nos agregados é também susceptível de originar eflorescências de cor branca (H_2SiO_3), por reacção com a água, tratando-se no entanto de um sal insolúvel [9]. Os diferentes tipos de sais formam-se de acordo com os materiais presentes, e poderá mesmo ser dada indicação sobre a sua origem pela análise do seu tipo, como por exemplo os nitratos do solo, ou os sulfatos e silicatos das paredes [10]. Alguns dos diferentes tipos de sais solúveis pode-

rão ser determinados qualitativamente através de ensaios pouco complicados [6].

Nos paramentos onde os sais entram em contacto com o ar húmido, este irá influenciar o processo de cristalização, que só ocorrerá quando a humidade relativa ambiente for inferior à humidade relativa de equilíbrio da solução saturada, específica para cada tipo de composto formado, e um pouco variável de acordo com a temperatura ambiente. Alguns dos sais, como os nitratos e os cloretos de cálcio ou magnésio, apresentam humidades relativas de equilíbrio nos paramentos tão baixas (até 53% a 20 °C), que só poderão surgir muito excepcionalmente em compartimentos fortemente aquecidos. Quase todos os restantes sais apresentam humidade relativa de equilíbrio nos paramentos entre 75 e 96%, para 20 °C, descendo cerca de 2% para os 30 °C, e subindo cerca de 2% para os 10 °C [1]. Nestas condições, entende-se que será fácil a cristalização de alguns dos sais, mesmo em ambientes húmidos. No entanto, os sais existem e formam-se em conjunto sem ser no estado puro, pelo que as humidades e temperaturas de equilíbrio de cada um não podem, em geral, ser analisadas em separado.

A forma de cristalização mais comum é a prismática ou em forma de agulhas, sendo menos frequente a forma de grão isométrico. Todos formam no entanto crostas, em especial os sais menos solúveis. O mesmo sal pode ainda cristalizar, quer em crostas de grãos isométricos, num local de maior humidade, quer em conjuntos de agulhas, numa zona menos húmida. Em condições de humidade relativa e temperatura constantes, a morfologia cristalina resulta também diferente, em função da humidade do paramento. Esquematisa-se na figura 5, no mesmo paramento sucessivamente menos húmido, a gradual variação de configuração dos cristais ao longo das seguintes 5 fases:

- 1) Crosta de grandes grãos isométricos, a crescer no interior de uma solução aquosa, sobre um paramento húmido;
- 2) Crosta de mais pequenos grãos isométricos, a crescer apenas sob uma película de solução aquosa, em paramento ainda húmido;
- 3) Crosta fibrosa a crescer ao ar, a partir de uma base coberta por uma fina película de solução aquosa;
- 4) Finos cristais prismáticos a crescerem a partir de uma base pouco húmida, com o filme de solução aquosa ainda em pequenas manchas;
- 5) Cristais em forma de agulha a crescerem ao ar sobre uma superfície quase seca, com abastecimentos localizados de solução aquosa.

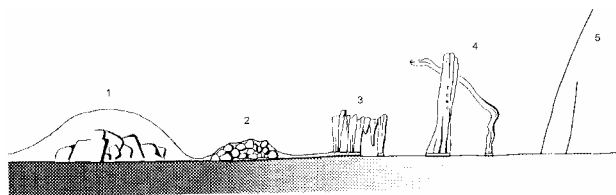


Fig. 5 - Relação humidade do paramento / morfologia cristalina [1]

A deterioração mais nefasta ocorre, no entanto, quando os cristais se desenvolvem dentro dos poros ou outras cavidades do estuque. Como já se disse, esta situação depende das condições de evaporação e da natureza dos

materiais, mas também das condições de abastecimento de solução aos cristais em formação. Aplicável a quase todo o tipo de cristais, em base porosa estucada, esquematiza-se na figura 6 um modelo de desenvolvimento do processo de cristalização, nas seguintes 4 fases:

- 1) Os cristais estão presentes nos poros maiores, de 1 a 10 μm , quase sempre totalmente preenchidos; a água evapora-se primeiro nas cavidades maiores, a partir de poros de evaporação, e os cristais são alimentados de solução a partir de outros poros mais pequenos;
- 2) Os cristais excedem a dimensão dos poros iniciais e ocupam outros poros vizinhos; surgem tensões perpendiculares ao paramento e fissuras paralelas a este, como resultado de roturas locais;
- 3) As fissuras ficam mais abertas e surgem em maior número, fazendo com que a taxa de evaporação ultrapasse a taxa de abastecimento de solução, esgotando-se esta em alguns pontos; a cristalização concentra-se pois nas fissuras, terminando o crescimento isométrico e iniciando-se o desenvolvimento em forma prismática;
- 4) As fissuras já estão muito abertas, a solução rareia e o seu contacto com os cristais é drasticamente reduzido; o crescimento cristalino é por isso cada vez mais esbelto, agora em forma de agulhas, até acabar mesmo por deixar de se realizar quando acabar de vez o abastecimento de solução.

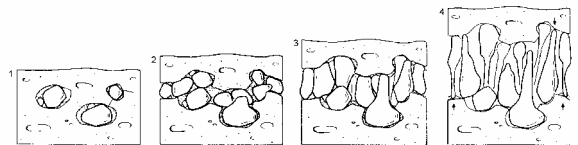


Fig. 6 - Desenvolvimento do processo de cristalização [1]

O comportamento despedaçante dos sais pode, no entanto, ser distinguido entre: sais muito solúveis; sais levemente solúveis; e sais “quase insolúveis”. Esquematisam-se na figura 7 os efeitos dos sais no estuque, sob e sobre os paramentos, para os 3 seguintes tipos de solubilidade em água:

- 1) Sais muito solúveis: podem existir em grande concentração sem cristalizar mas, quando tal ocorre, surgem em geral eflorescências; nos paramentos onde exsudam, não provocam necessariamente graves danos, apesar de alterarem o aspecto das superfícies;
- 2) Sais levemente solúveis: são os mais nefastos, já que, apesar da sua menor solubilidade, têm maior probabilidade de atingir a saturação; cristalizam preferencialmente sob os paramentos, e os danos causados são os mais elevados;
- 3) Sais “quase insolúveis”: não originam em geral efeitos prejudiciais, apesar de cristalizarem no interior, e as concentrações são reduzidas; a sua lenta e gradual cristalização pode ainda servir para melhorar alguma micro-coesão ou reduzir a porosidade do material.

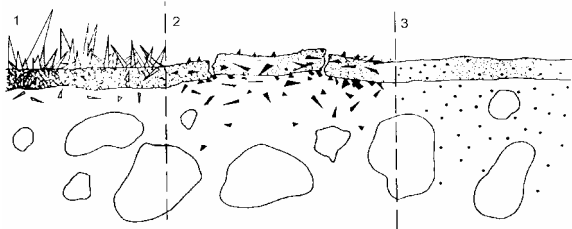


Fig. 7 - Efeitos dos sais, em função da sua solubilidade [8]

A grande maioria dos sais que surgem nas paredes e revestimentos podem classificar-se como muito solúveis, apesar de variarem entre 20 e 700 vezes a solubilidade do gesso. Este, cuja solubilidade é tomada como padrão, e o carbonato de magnésio podem considerar-se como levemente solúveis. Como sais “quase insolúveis”, ou seja, com cerca de $1/100$ da solubilidade do gesso, pode-se referir o carbonato de cálcio e o de bário [8].

5. Conclusões

Os suportes antigos eram muito heterogéneos, a composição dos estuques era variável e o fenómeno das eflorescências pode ter agentes de diferente natureza. A humidade que transporta os sais pode ter diferentes origens, as condições ambientais podem favorecer mais ou menos o aparecimento de eflorescências e os tipos, formas e locais de cristalização dos sais podem também ter efeitos mais ou menos nefastos nos estuques. A informação transmitida pelo presente artigo pretende abrir caminhos para a conhecimento do fenómeno das eflorescências e contribuir assim para a conservação do património estucado nacional, seguindo as recomendações das cartas internacionais que Portugal subscreveu.

6. Referências

- [1] Arnold, Andreas; Zehnder, Konrad - Monitoring wall paintings affected by soluble salts. The conservation of wall paintings. Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute. Sharon Cather editor, London, July, 1987.
- [2] Branco, J. Paz - Manual do pedreiro. LNEC, Lisboa, 1981.
- [3] D' Alessandro, L.; Persegati, F. - Scultura e calchi in gesso. Storia, tecnica e conservazione. «L' Erma» di Bretschneider, Roma, 1987.
- [4] Espinosa, Teresa Gómez; González, Guadalupe Sardina; Galán, Rocío Bruquetas - La obra en yeso policromado de los Corral de Villalpando. Ministerio de cultura, Dirección general de bellas artes y archivos, Instituto de conservación y restauración de bienes culturales, 1ª. Edición, Madrid, 1994.
- [5] Grüner, Friedrich - Alteration of wall paintings affected by soluble salts. Proceedings of the international symposium “Dealing with defects in buildings”. Mauro Moroni and Piermaria Sartori, Varenna (Italy), September 1994.
- [6] Henriques, Fernando - Humidade em paredes. Edifícios, conservação e reabilitação. LNEC, 2ª. edição, Lisboa, 1995.
- [7] Lucas, José A. Carvalho - Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão. ITE 24. LNEC, Lisboa, 1990.

[8] Matteini, Mauro - In review: An assessment of Florentine methods of wall painting conservation based on the use of mineral treatments. The conservation of wall paintings. Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute. Sharon Cather editor, London, July, 1987.

[9] Morales, Ascensión - La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas. Universidad de Sevilla, 1995.

[10] Mora, Paolo; Mora, Laura; Philippot, P. - Conservation of wall paintings. Butterworths, ICCROM, 1984.

[11] Silveira, P. Malta da - Estuques antigos: Caracterização construtiva e Análise patológica. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção. IST, Lisboa, Dezembro 2000.

[12] Veiga, M. do Rosário; e outros - Curso de especialização sobre revestimentos de paredes. LNEC, Lisboa, 1995.