

A degradação das rochas do património cultural construído: o caso das rochas carbonatadas.

AMÉLIA DIONÍSIO, LUÍS AIRES-BARROS, MARIA JOÃO BASTO

Resumo

As rochas são consideradas, pela população em geral, como elementos duros, inertes e duradouros. Todavia as suas características podem vir a modificar-se como resultado da adaptação a um ambiente diferente daquele em que foram geradas.

Sendo a pedra o material de construção de utilização mais generalizada ao longo dos vários períodos da História, torna-se importante saber quais os fenómenos de alteração que incidem sobre as rochas de determinado monumento, com o propósito de encontrar as suas cau-

sas bem como propor, sempre que possível, soluções que procurem minimizar os efeitos nefastos observados e tentar prever a sua evolução futura ou seja indicar medidas de conservação e manutenção.

As consequências do decaimento das rochas aplicadas em património cultural construído têm inevitavelmente impactos económicos negativos, seja pela impossibilidade de fruição, seja pela necessidade de aplicação de medidas correctivas.

Referem-se alguns dos mecanismos químicos e formas de decaimento típicos ocorrentes em materiais pétreos de natureza calcária.

1. Introdução

As rochas são sistemas físico-químicos polifásicos constituídos por fases sólidas e fluidas. A fase sólida é composta por minerais, existindo entre eles inúmeras descontinuidades (poros e fissuras) através das quais há possibilidade de circulação de fluidos (líquidos e gases). Atenção especial é dada ao meio poroso destes materiais uma vez que a capacidade de retenção (porosidade) e de movimentação de fluidos (permeabilidade) no seu interior depende do volume e geometria dos vazios.

As rochas actuam com o ambiente em que se encontram e transformam-se de acordo com as solicitações a que estão sujeitas.

No conjunto dos materiais utilizados em património cultural construído, a pedra é o que apresenta aplicação mais generalizada ao longo dos vários períodos da História, podendo mesmo considerar-se

um material de tradição milenar. Recordem-se, por exemplo, os conjuntos megalíticos, as catedrais medievais, os edifícios renascentistas ou barrocos entre outros.

As rochas aplicadas nestas construções correspondem, na sua maioria, a materiais locais, ou seja, a rochas aflorantes nas suas imediações. Todavia houve desde a Antiguidade preocupação com a sua escolha de forma a respeitar não só critérios estéticos como também critérios de durabilidade.

Apesar da diversidade de materiais pétreos ocorrentes na litosfera, ao nível do património cultural construído, destacam-se os granitos (*sensus lato*), rocha de composição silicatada e as rochas carbonatadas sedimentares e metamórficas (calcários e mármore). Trata-se de materiais que apresentam diferentes características intrínsecas decorrentes do processo genético, conduzindo necessariamente a diferentes respostas

face a solicitações externas quando aplicadas ou expostas ao meio envolvente.

O decaimento das rochas aplicadas em património cultural construído pode ser entendido como a tentativa de adaptação a um ambiente diferente daquele a que se encontravam sujeitas na sua jazida. Não é um fenómeno novo, tendo sido evidente para diversos observadores ao longo dos séculos. Referências várias foram efectuadas por escritores gregos e romanos sobre a necessidade de intervenção nos processos de deterioração. Todavia, nas últimas décadas, o processo de decaimento tem-se vindo a acentuar, devido sobretudo à presença na atmosfera de concentrações anómalas de diversos tipos de contaminantes.

As consequências do decaimento das rochas aplicadas em património cultural construído têm inevitavelmente impactos económicos negativos, seja pela impossibilidade de fruição, seja pela ne-

*Laboratório de Mineralogia e Petrologia, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa

cessidade de aplicação de medidas correctivas.

As rochas dos monumentos podem sofrer três tipos de decaimento, que se encontram, na maior parte dos casos, de tal modo interligados, que se torna extremamente difícil distinguir qual deles terá tido acção principal. São eles:

- Decaimento químico que resulta de reacções químicas que ocorrem à superfície e nas descontinuidades das rochas, originando minerais secundários;
- Decaimento físico que resulta de fenómenos de expansão e/ou retracção provocados por variações térmicas, abalos sísmicos e ainda por expansão devido à génese de minerais secundários por recristalização;
- Decaimento biológico que é provocado não só pelo crescimento nas rochas de microorganismos, como ainda pela acção dos pombos e do vandalismo humano.

Em geral os seus efeitos somam-se, convergem e as suas causas entrecruzam-se. Os fenómenos de carácter químico podem ter consequências físicas, uma transformação física pode conduzir a determinadas reacções químicas e as acções biológicas repercutem-se em modificações físicas e químicas.

Para a ocorrência destes fenómenos de decaimento concorrem factores como as características próprias dos materiais, a orientação geográfica ao regime pluviométrico, eólico e de insolação do monumento ou de parte relevante, a sua função ao longo da História assim como, em muitos casos, o vandalismo e a incultura das pessoas.

2. Mecanismos e formas de decaimento das rochas

Formas de decaimento ou patologias da pedra podem definir-se como sendo as modificações da sua morfologia, decorrentes de processos de alteração desencadeados por factores ambientais, pelo uso de materiais incompatíveis, por acções de manutenção inadequadas, por medidas de conservação inapropriadas ou por actos de vandalismo. As patolo-



figura 1 Sé de Lisboa. Desenvolvimento de crostas negras gipsíferas.

gias podem não só ser de diferentes tipos como também apresentar diferente extensão e grau de severidade (intensidade de decaimento).

Dando como exemplo o caso das rochas calcárias procurar-se-á ilustrar alguns dos mecanismos químicos e formas de decaimento características deste tipo de material pétreo.

2.1 Acção dos contaminantes atmosféricos

Contaminantes atmosféricos definem-se como concentrações anómalas de gases e partículas, sobretudo o dióxido de enxofre, os óxidos de azoto, as cinzas volantes carbonosas e as partículas metálicas, libertados por processos de combustão como as centrais de produção de energia, sistemas de aquecimento doméstico, o tráfego urbano e as actividades industriais. Estes podem depositar-se directamente nas superfícies

ou interagir com as mesmas sob a forma de chuvas ou nevoeiros ácidos, após passagem pelo ciclo da água.

Os estudos até agora efectuados permitem concluir que a sulfatação das superfícies calcárias é prelúdio de decaimento profundo. A sulfatação é o resultado da oxidação lenta do dióxido de enxofre em ácido sulfúrico e subsequente neutralização deste último pelos constituintes básicos do material pétreo (CaCO_3 , MgCO_3 , silicatos de cálcio, etc.).

A oxidação do SO_2 é promovida pela reacção com diferentes oxidantes activos. Entre estes destacam-se o dióxido de azoto, ozono, oxigénio activado pela existência de um nível de humidade bastante elevado, óxidos metálicos (V, Zn, Ni, etc.) presentes no particulado atmosférico e as cinzas volantes carbonosas emitidas pelas centrais de produção de energia ou presentes na exaus-



figura 2 – Mosteiro de Santa Clara-a-Velha (Coimbra). Crostas negras "fósseis" nos capitéis e colunas do claustro que permaneceu soterrado durante séculos.

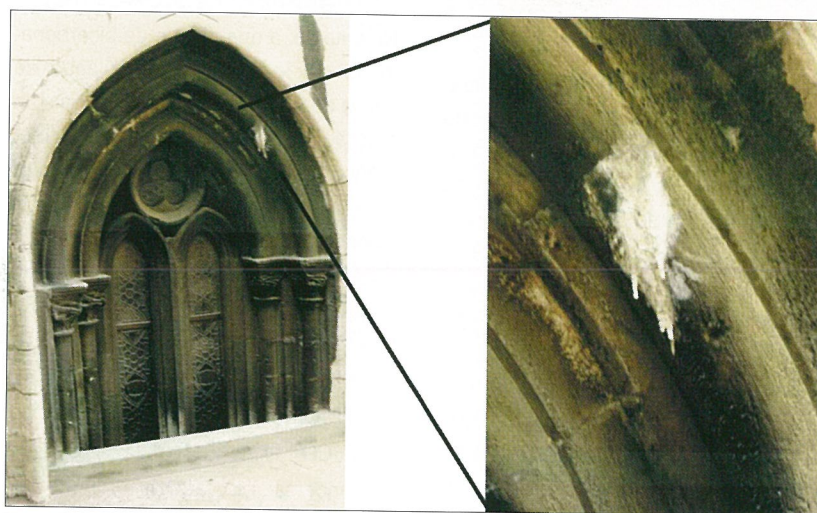


figura 3 Fachada Norte da Sé de Lisboa. Depósitos estalactíticos resultantes da recrystalização de calcite.

tão dos motores a gasóleo em áreas urbanas poluídas.

O decaimento das rochas calcárias por acção do dióxido de enxofre é um processo complexo e interactivo, conhecendo-se o produto inicial – a rocha calcária e o produto final – o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Como resultado da sulfatação observa-se a formação de crostas gipsíferas, em geral de tonalidade negra (decorrente da acumulação de partículas atmosféricas), em áreas abrigadas da lavagem contínua pelas águas da chuva (figura 1). Nos locais constantemente lavados pelas águas pluviais a rocha mantém a sua cor original, uma vez que o gesso formado é removido, dada a sua solubilidade, no episódio pluviométrico seguinte.

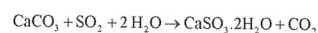
Comparando quer o volume molar quer a solubilidade do mineral neoformado – gesso e do mineral inicial – calcite, verifica-se que o volume molar do primeiro é quase duplo do da calcite ($60 \text{ cm}^3/\text{mol}$ e $37,7 \text{ cm}^3/\text{mol}$), pelo que as crostas gipsíferas têm tendência a "explodir", expondo novas superfícies de calcite a novas deposições de gesso. Relativamente à solubilidade do gesso (2080 mg/l), ela é quarenta vezes superior à da calcite (50 mg/l), pelo que nas zonas de lavagem, o gesso formado é facilmente removido nos períodos pluviométricos posteriores.

A interacção rocha- SO_2 processa-se ou por deposição via seca ou por via húmida.

Independentemente do poluente considerado, nem todas as superfícies externas de determinado monumento são afectadas por ambos os processos de

deposição. Em todas é possível o processo de deposição a seco, mas apenas aquelas que apresentam determinada orientação ou forma são afectadas pelo processo de deposição via húmida.

Quando o SO_2 atinge a superfície pétrea calcária, por deposição a seco e em condições de baixos valores de humidade relativa do ar é formado em primeiro lugar sulfito de cálcio:



Este composto poderá, por sua vez, passar a sulfato de cálcio (caso a água não esteja totalmente ausente) por um processo de oxidação por intermédio do oxigénio e em presença de substâncias catalisadoras (NO_2 , partículas carbonosas, óxidos metálicos):



figura 4 Túmulo de D. Pedro Gavião no Mosteiro de Santa Cruz em Coimbra. São visíveis as eflorescências salinas resultantes de fenômenos de ascensão de água por capilaridade.

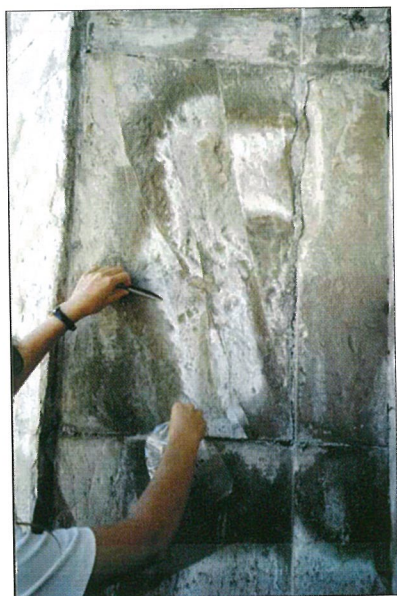
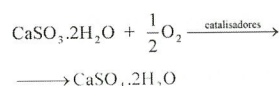
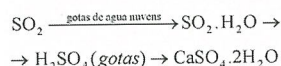


figura 5 Varandim da Porta Especiosa da Sé-Velha de Coimbra. Desenvolvimento de eflorescências salinas em locais abrigados constituídas essencialmente por epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), relacionadas com a infiltração e percolação de águas pluviais.



O mecanismo de deposição via húmida do SO_2 , pode também ocorrer de duas formas distintas: oxidação heterogénea do SO_2 em fase aquosa ou oxidação homogénea do SO_2 a sulfato na troposfera.

O processo de oxidação heterogénea do SO_2 em fase aquosa é, provavelmente, o processo mais importante na formação de sulfatos e consequentemente na deterioração dos materiais pétreos calcários. Esta oxidação pode ocorrer quer na atmosfera, quer sobre a superfície pétrea. O ácido sulfúrico é, no primeiro caso, formado na atmosfera, podendo atingir a superfície em questão sob a forma de gotas:



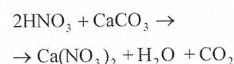
No segundo caso o ácido sulfúrico é formado sobre a própria superfície pétrea na presença de um filme líquido. Em ambas as situações é de considerar a actuação de agentes catalisadores.

Nem sempre estas crostas de tonalidade negra derivam da interacção do material calcário com contaminantes atmosféricos. Por exemplo no caso do Mosteiro de Santa Clara-a-Velha em Coimbra, as crostas formadas, apesar de apresentarem tonalidade acastanhada (figura 2), são desprovidas de elementos denunciadores da alteração antropogénica e segundo AIRES-BARROS *et al.* (1998) a presença de Fe e Mn (que explica a coloração que apresentam) deve-se à deposição de hidróxidos e/ou óxidos de ferro e manganês promovida pelos aluviões que soterraram o monumento durante vários séculos.

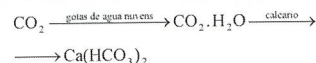
No que se refere ao decaimento promovido pelos óxidos de azoto (principalmente NO e NO_2), este não é facilmente detectado pelo facto de os nitratos, eventualmente formados, apresentarem elevada solubilidade na água (341 g/100 g de água a 25.°C). É possível que este tipo de compostos se forme durante os períodos secos, afectando o material pétreo (devido à diferença de volume molar existente entre o produto de neoformação e o substrato pétreo) e que depois desapareçam no próximo episódio pluviométrico.

O ácido nítrico, formado pela oxidação do NO_2 , tem como principal característica ser um ácido forte com uma taxa de deposição que é relativamente independente da humidade relativa do ar, o que o torna especialmente importante em climas secos e quentes. O ácido nítrico

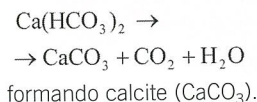
pode reagir com o substrato calcário levando à conversão do carbonato em nitrato de cálcio:



Os efeitos do dióxido de carbono sobre os materiais pétreos calcários, ainda que em menor escala do que os dos poluentes atrás abordados, resultam da possibilidade de formação de um composto – o bicarbonato de cálcio – que apresenta solubilidade cerca de 100 vezes superior à do carbonato de cálcio original. As etapas deste processo podem representar-se do seguinte modo:



No entanto, a quantidade de bicarbonato de cálcio dissolvida pela água da chuva depende da sua temperatura e da pressão parcial do CO_2 no ar. Este fenómeno é tanto mais intenso quanto mais a temperatura se aproximar de 0°C. Todavia o próprio bicarbonato de cálcio dissolvido na água da chuva poderá, caso a temperatura do ar aumente, vir a recristalizar sobre as superfícies pétreas, de acordo com a reacção:



Sucedendo todavia que a porosidade associada a esta fase calcítica recristalizada é bastante superior à original, encontrando-se deste modo facilitada a circulação de soluções ricas em sais (como cloretos, sulfatos e nitratos) e em substâncias de carácter ácido (figura 3).

2.2 Accção das águas

A água pode também constituir um importante factor de decaimento das rochas aplicadas nos monumentos. Trata-se do principal veículo de agressão das rochas e está associado praticamente a todos os processos e tipos de alteração que uma rocha sofre. É um agente polivalente dado as mudanças de estado que pode experimentar. Actua também como veículo de transporte de outras substâncias como sais solúveis, contaminantes atmosféricos e organismos vivos, o que aumenta significativamente o seu papel nos processos de decaimento.

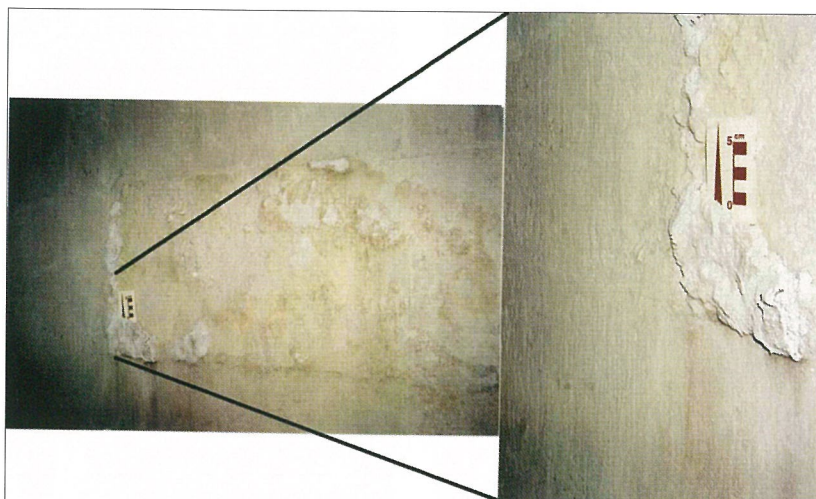


figura 6 Hospital Termal das Caldas da Rainha. Fenómenos de empolamento das superfícies calcárias associados à cristalização de sais provenientes da condensação/evaporação da água termal.



figura 7 Mosteiro de Santa Cruz em Coimbra. Colunas corroídas de forma diferencial.

As consequências da acção da água sobre as rochas variam consoante a sua origem: água das formações de fundação (figura 4), água da chuva (figura 5), água de condensação e outros tipos de água v.g. termais (figura 6).

A acção da água, independentemente da sua origem, manifesta-se através de:

- Reacções químicas com o substrato pétreo: reacções de dissolução, hidrólise, hidratação, oxidação-redução, etc.;
- Fenómenos de carácter físico como por exemplo rotura devido às tensões criadas no material pétreo durante os ciclos de cristalização-dissolução e hidratação de sais, ciclos de gelo-degelo da água nos poros e fissuras das rochas e por variação do grau de saturação, etc..

A água transportando sais em solução, do exterior ou que vai acumulando du-

rante a sua movimentação a partir da rocha hospedeira ou de outros materiais presentes, pode ao atingir a superfície ou no interior dos materiais pétreos, evaporar-se e depositar sais, de acordo com o estado termohigrométrico da atmosfera envolvente. Quando a cristalização dos sais é efectuada à superfície da rocha dá-se o nome de eflorescência, e criptoefflorescência ou sub-eflorescência no caso de se formar no seu interior.

Estes depósitos salinos não são estáveis, transformam-se com o tempo em função da temperatura e humidade do ar, ou seja o microclima condiciona a actividade dos sais solúveis que precipitam sempre que a água se evapora. Também cristalizam quando a humidade relativa da atmosfera envolvente diminui. Alguns sais dissolvem-se e cristalizam (deliquescência) e mudam o estado de hidratação (higroscopicidade) periodicamente conforme as oscilações da humidade e temperatura do ar.

A cristalização e a hidratação dão-se apenas para valores determinados de humidade relativa do ambiente. Então pode evitar-se o decaimento do material, mantendo a humidade relativa do ambiente acima ou abaixo destes valores críticos. Todavia, a questão não é tão simples como pode parecer à primeira vista porque apenas se conhecem as humidades relativas para os sais puros, sendo mais complexo o comportamento de misturas salinas.

Na Tabela 1 indicam-se, a título exemplificativo, a humidade relativa de equilíbrio para vários sais e na Tabela 2 a humidade relativa de hidratação de alguns sais solúveis.

Verifica-se que muitos dos sais solúveis têm pontos higroscópicos a humidades relativas consideravelmente inferiores a 100%. Isto significa que eles podem tornar-se deliquescentes quando a sua humidade relativa é excedida e cristalizar

Tabela 1– Humidades relativas de equilíbrio para vários sais a 20°C.

Sulfato de sódio	92%	Nitrato de sódio	75%	Cloreto de sódio	75%
Sulfato de potássio	98%	Nitrato de potássio	94%	Cloreto de potássio	85%
Sulfato de cálcio	99.96%	Nitrato de cálcio	56%	Cloreto de cálcio	33%
Sulfato de magnésio	90%	Nitrato de magnésio	53%	Cloreto de magnésio	44%
Sulfato de amónio	81%	Nitrato de amónio	66%	Cloreto de amónio	80%

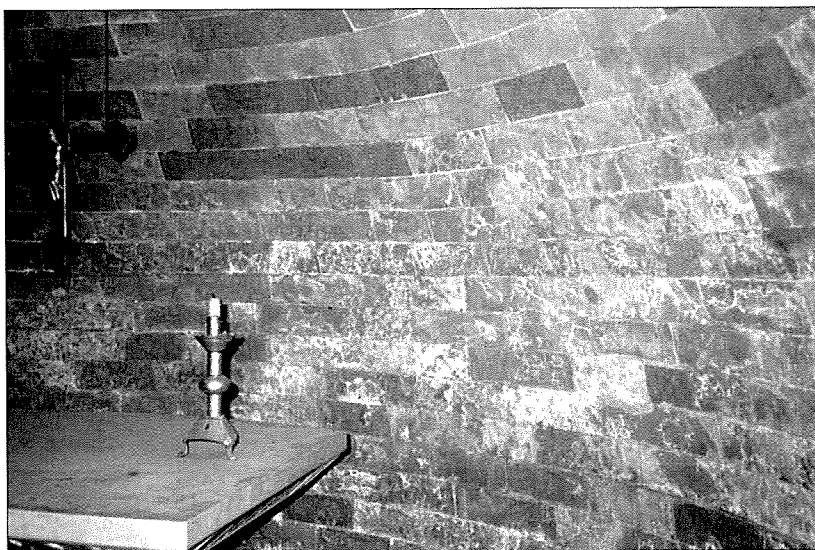


figura 8 Capela funerária de Manuel de Falla na cripta da Catedral de Cadiz (Espanha). Desenvolvimento generalizado de eflorescências salinas.

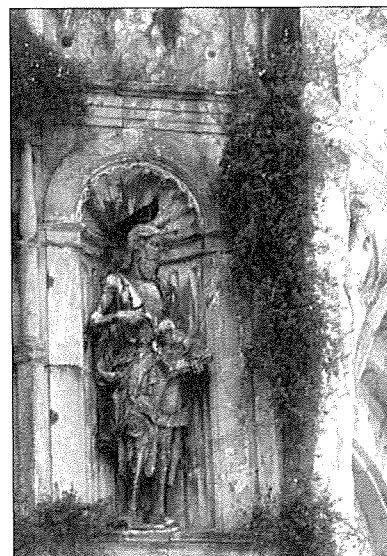


figura 9 Porta Especiosa na Sé Velha de Coimbra. Desenvolvimento de plantas superiores ao longo de juntas de blocos.

quando a sua humidade relativa baixar aquém do ponto crítico.

Estas águas ao percolarem através de outros materiais como é o caso das argamassas e dos elementos metálicos, podem também sofrer alteração da sua composição química, adquirindo características completamente distintas das iniciais. Relativamente a este assunto FIGUEIREDO *et al.* (2001) apresentam um estudo comparativo das águas pluviais antes e após se infiltrarem na Basílica da Estrela (Lisboa) e verificam que as suas composições são quimicamente muito diferentes. As águas de infiltração apresentam-se enriquecidas em K^+ , Na^+ , Cl^- e HCO_3^- , o que se deve, segundo os autores, à interacção destas águas com os materiais calcários e com as argamassas de juntas. Neste caso, estas soluções salinas explicam o aparecimento de minerais como trona ($Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$) e thenardite (Na_2SO_4) no interior do monumento.

Tabela 2 – Humidades relativas de hidratação para vários sais a 25.°C.

$Na_2CO_3 \cdot H_2O \rightarrow Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$	48%
$Na_2CO_3 \cdot 7H_2O \rightarrow Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	79%
$Na_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	72%

As águas podem igualmente conduzir à perda de material pétreo, quer por dissolução da superfície pétreo, quer por erosão, ou seja, por quebra das ligações físicas entre os grãos dos minerais constituintes das rochas (figura 7).

2.3 Acção do aerossol marinho

Em áreas costeiras, ou relativamente próximas do mar, o aerossol atmosférico apresenta na sua composição gotículas de pequena dimensão provenientes da água do mar e de composição salina. Estes sais podem depositar-se directamente sobre as superfícies pétreas (deposição via seca) ou podem ser solubilizados e transportados pelas águas das chuvas, podendo igualmente contactar com essas superfícies (deposição via húmida) e, caso as condições termohigrométricas sejam favoráveis, precipitar no seu interior. Estes sais são essencialmente constituídos por sódio, cloro, magnésio, potássio, cálcio e sulfatos. O sódio e o cloro representam cerca de 86.5%.

O efeito do aerossol marinho depende de dois mecanismos: hidratação e cristalização. Todavia no caso específico dos cloretos, os seus efeitos são mais nocivos nos materiais de construção do que os resultantes de outros sais, uma vez que a sua acção se faz sentir até zonas mais internas.

A deposição de aerossol marinho, não se mantém constante ao longo do ano, isto é, são observadas variações sazonais na taxa de deposição dos principais iões.

Em contraste com os efeitos dos contaminantes atmosféricos antropogénicos, o enriquecimento em sais marinhos nos monumentos históricos é um processo que se vem a verificar desde longa data.

O decaimento decorrente da acção do aerossol marinho é bastante acentuado em monumentos da Bacia Mediterrânica. É exemplo a cripta da Catedral de Cadiz (figura 8) onde as eflorescências salinas são caracterizadas pela presença de gesso, thenardite, mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), arcanite (K_2SO_4), aptitalite ($K_3Na(SO_4)_2$), trona e termonatrite ($Na_2CO_3 \cdot H_2O$).

2.4 Acção dos (Micro)Organismos

Os agentes biológicos são também relevantes nos processos de decaimento dos materiais pétreos, especialmente em ambientes húmidos, em áreas em que se verifica elevada precipitação atmosférica. Nestas condições é facilitado o desenvolvimento de microorganismos e/ou organismos pertencentes a vários grupos sistemáticos como plantas, fungos, algas, bactérias e líquenes. As rochas calcárias são atacadas principal-



figura 10 Mosteiro dos Jerónimos. Amplo desenvolvimento de colonização líquénica.

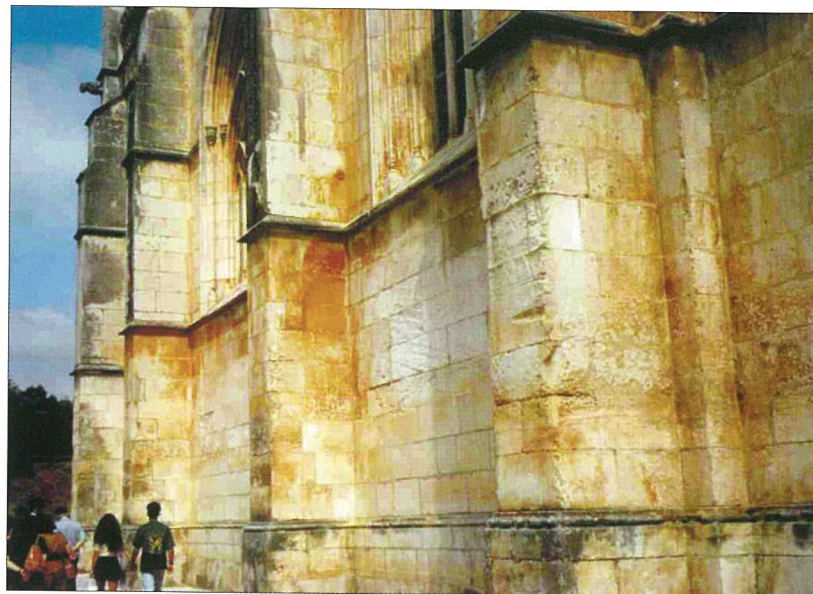


figura 11 Mosteiro da Batalha. Desenvolvimento de pátinas laranjas.

mente por bactérias sulfatantes e nitrificantes.

Alguns dos seus efeitos sobre as superfícies pétreas são: (i) fracturação mecânica devida à pressão que as raízes de certas plantas superiores exercem ao crescerem nas fendas das rochas (figura 9); (ii) decomposição de alguns dos minerais que compõem as rochas por algumas plantas superiores, dado existirem entre ambas reacções de permuta iónica; (iii) aumento da superfície da rocha exposta ao ataque através da penetração das hifas dos líquenes nas microdescontinuidades dos cristais, conduzindo a fenómenos de desagregação mecânica; (iv) criação de uma barreira retentora da humidade, acentuando a decomposição da rocha e a alteração da permeabilidade a gases e a líquidos. Acresce que estes microorganismos têm ainda a possibilidade de conduzir à formação de capas de alteração (figura 10) através da precipitação de oxalatos de cálcio no caso das rochas calcárias (whewellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e weddellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)), a partir da secreção de ácido oxálico, bem como à formação de um solo incipiente, onde se pode desenvolver flora contendo musgos e plantas superiores, resultante da dissolução de minerais pelos líquenes e da agregação de matéria orgânica.

A actividade microbiótica pode no entanto ter um papel positivo na prevenção da evolução do processo degradativo, através da formação de capas de protecção biogénicas – pátinas. Este processo produz como que a passivação da rocha dado que a weddellite e a whewellite têm menor solubilidade que a calcite.

Relativamente às pátinas laranjas observadas nos paramentos exteriores do Mosteiro da Batalha (figura 11), trata-se de típicas pátinas de oxalatos que mostram a presença de hidroxiapatite em algumas amostras e de nitratos na maioria (AIRES-BARROS *et al.*, 2001).

De entre os animais, as aves, e em especial os pombos, têm um papel importante no decaimento das rochas, visto os seus excrementos conterem ácido fosfórico e nítrico (figura 12 e 13). Estes ácidos têm grande poder de ataque químico, em especial sobre rochas calcárias. Não é despiciente a acção mecânica de desgaste que as aves exercem sobre o lavrado dos monumentos (bicadas, unhadas, nidação).

Considerações Finais

A rocha é um material de tradição milenar, sendo possivelmente aquele que é usado com maior frequência como ma-

terial de construção nos edifícios e monumentos historicamente relevantes. Muitos destes monumentos sofreram danos como consequência de factores ambientais, do uso de materiais incompatíveis, de operações de manutenção inadequadas ou de medidas de conservação inapropriadas efectuadas ao longo da sua história.

As rochas aplicadas num monumento, em contacto com a atmosfera, com a chuva, com as variações térmicas, com a luz, com a biosfera, etc., tornam-se sede de inúmeras acções e reacções que se desencadeiam sem cessar. As rochas evoluem, alteram-se procurando novas condições de equilíbrio.

De entre os factores e agentes do decaimento químico das rochas, e das rochas calcárias em particular, destaca-se a contaminação atmosférica, a água, o aerossol marinho e os organismos vivos.

Segundo a Carta de Cracóvia (2000), a "conservação (do património) pode ser realizada mediante diferentes tipos de intervenções como o controlo do ambiente, a manutenção, a reparação, a renovação e a reabilitação" e é feita segundo um projecto de restauro que "deverá basear-se numa gama de operações técnicas apropriadas e preparadas segundo um processo construtivo que integra a recolha de informação e o co-



figura 12 Mosteiro de Santa Cruz em Coimbra. Fenómenos de lascagem com formação de eflorescências salinas de niter.

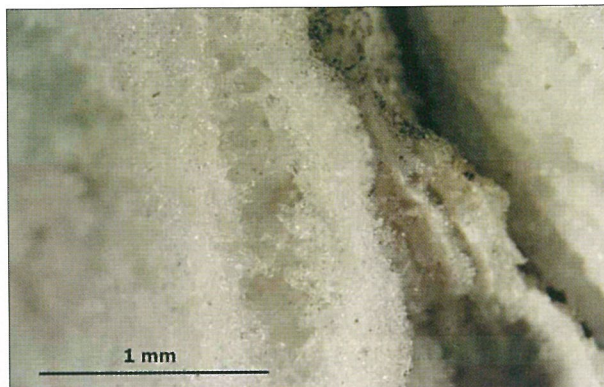


figura 13 Observação à lupa binocular de eflorescências salinas apresentadas na figura 12

nhecimento profundo do imóvel e/ou da sua localização". Torna-se assim importante no estudo de um monumento, ou sua parte relevante, o conhecimento dos factores que desencadeiam e favorecem o aparecimento de determinadas patologias, por forma a que as intervenções a levar a cabo sejam as mais adequadas de modo a retardar o processo degradativo em curso e desta forma sejam preservadas as mensagens e os valores intrínsecos dos monumentos.

Referências Bibliográficas

C. A. M. Figueiredo, A. A. Maurício, L. Aires-Barros (2001) – Geoquímica das águas da

chuva e o seu papel no decaimento das pedras da Basílica da Estrela (Lisboa, Portugal). *Proceed. 6.º Cong. Geoq. Países de Língua Portuguesa*, pp. 354-358, Faro.

L. Aires-Barros, M. J. Basto, A. E. Charola (2000) – Black crusts: "Fossil" and Modern. A comparison from two case studies in Coimbra monuments (central Portugal). *Int. Zeitschrift fur Bauinstandsetzen und Bau-denkmalspflege*, 6. Jahrgang, Heft 1, pp. 63-72.

L. Aires-Barros (2001) – As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias. *Cadernos do Instituto Português do Património Arquitectónico (IPPAR)*, nº 3, 2 vol, 535p., Lisboa.

L. Aires-Barros, M. J. Basto, A. Dionísio, A.E. Charola (2001) – Orange coloured surface deposits on stones from the Monastery of

Batalha (Portugal) and from nearby historic quarries: characteristics and origins. *Int. Zeitschrift fur Bauinstandsetzen und Bau-denkmalspflege*, 7. Jahrgang, Heft 5, pp. 491-506.

M. A. A. R. Dionísio (2002) – Degradação da pedra em edifícios históricos. O caso da Sé de Lisboa. Tese apresentada à Universidade Técnica de Lisboa com vista à obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Minas, 347p., Lisboa.

Agradecimentos

O trabalho apresentado contou com o suporte do Centro de Petrologia e Geoquímica do Instituto Superior Técnico.