



## Tópico 3 - Nº 26

# OS SAIS NAS EDIFICAÇÕES

Sérgio Castello Branco Nappi(1); Manuela Marques Lalane Nappi(2)

(1) *Doutoranda, PósARQ/Universidade Federal de Santa Catarina*

(2) *Doutor, Professor/Universidade Federal de Santa Catarina*

(1) *lalppi.ms@gmail.com* (2) *nappi@arq.ufsc.br*

## RESUMO

Dentre os problemas patológicos que prejudicam as edificações, especialmente as paredes em alvenarias e blocos cerâmicos, destacam-se aqueles causados pela umidade e salinidade. O dano provocado, normalmente, é o esfarelamento da superfície, quer seja de argamassa de reboco ou de blocos cerâmicos aparentes. Isto é gerado pelo fenômeno do aumento de volume de alguns sais, principalmente daqueles que têm elevada higroscopicidade e grande solubilidade. Várias são as fontes de origens dos sais. Eles existem na natureza, podem ser produzidos pelo homem nas atividades industriais ou até mesmo surgirem através da mistura de alguns materiais de construção. Por razões de ordem construtiva, os edifícios mais afetados são os de construção antiga, numa época em que o Cimento Portland ainda não era utilizado. Motivo pelo qual as edificações apresentavam paredes com grande espessura. Todavia, nas construções contemporâneas, este mesmo problema é ocasionado, na maioria dos casos, por uma impermeabilização das fundações ausente ou de má execução. Este trabalho aborda aspectos referentes aos elementos acima citados.

*Palavras-Chave: Salinidade; Edifícios Antigos; Patologia.*

## 1. INTRODUÇÃO

O sal é uma substância essencial ao homem e indispensável a todos os tipos de vida animal. Pode-se verificar a importância do sal, pelas inscrições da história da humanidade, onde são encontradas ilustrações que mostram a sua produção e a sua utilização. A salga dos alimentos já era um hábito totalmente conhecido no Egito, aproximadamente 4.000 anos antes da era Cristã. Os gregos e os romanos também usaram o sal como moeda para suas operações de compra e venda. A palavra salário é derivada de sal, uma vez que com o próprio sal era liquidado uma parte do pagamento das legiões romanas. Um dos acessos principais de Roma ainda hoje se chama "Vila Salaria", porque caravanas chegavam por aquela estrada, trazendo sal para a capital do império.

No fim do século XIX e início do século XX o sal, além de ser usado como tempero e produto medicinal, tornou-se uma das matérias-primas essenciais para a indústria química. No entanto, nem sempre essa importante substância da vida moderna nos traz benefícios, como será visto adiante.

O sal pode ser definido, segundo Netto [1], como "compostos provenientes ou dos ácidos, pela substituição total ou parcial dos seus hidrogênios ionizáveis por cátions, ou das bases, pela substituição total ou parcial dos grupos OH pelos ânions dos ácidos". Em outras palavras é uma substância iônica, que resulta da reação química entre um ácido e uma base. Hardwick [2], afirma que quando um íon que se dissolve deixa a superfície do cristal, ele carrega consigo uma camada de moléculas do solvente. Se o solvente for a água, os íons são chamados de hidratados. Algumas vezes as moléculas do solvente estão ligadas fracamente e sem regularidade; outras vezes elas são fortemente ligadas aos íons, numa estrutura complexa. Em muitos casos, as moléculas do solvente se ligam tão fortemente que acompanham os íons quando estes regeneram



o cristal. Este conterá então, moléculas de água intercaladas em seu retículo cristalino, chamada de água de cristalização. Os novos cristais terão uma estrutura diferente daquela de forma anidra e podem perder água após um aquecimento.

Estas moléculas de água é que proporcionam os danos em edificações. No entanto, nem todos os sais trazem problemas. Para que isto ocorra, duas características vão determinar a periculosidade de sua ação e a sua responsabilidade pelos danos na construção: o grau de solubilidade e o nível de higroscopicidade.

O grau de solubilidade é a capacidade que possuem de se dissolverem em meio aquoso. Deve ser ressaltado, de acordo com Netto [1] que os sais ditos insolúveis "sofrem uma pequeníssima dissociação iônica em água (na prática considera-se que não a sofrem)". O nível de higroscopicidade é a condição em que este sal adsorve água do meio ambiente.

Os sais, ao reterem certa quantidade de água em sua estrutura cristalina, cujo valor depende das condições de temperatura e umidade, provocam um aumento no seu volume, originando uma pressão de hidratação contra as paredes dos poros dos materiais em que estão inseridos, podendo rompê-los. Pode-se dizer que este efeito é muito semelhante ao da água ao se congelar. Salienta-se ainda que isto pode acontecer tanto nos edifícios antigos como nos contemporâneos.

Para salientar-se a gravidade do problema, Buergo e Limón [3], através da Tabela 1, indicam a pressão originada pelo aumento do volume de alguns sulfatos ao passar do estado anidro para o estado hidratado, denominada pressão de hidratação. Embora nada cite no texto, sabe-se que estes valores são teóricos e que algumas condições especiais, também não mencionadas, devem ter sido consideradas.

**Tabela 1 - Pressão originada pelo aumento de volume de alguns sais ao hidratar-se**

| Sal Anidro                      | Sal Hidratado                                       | Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|---|--------------------------------|
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .10H <sub>2</sub> O | 250                            |
| MgSO <sub>4</sub>               | MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O                | 250                            |
| CaSO <sub>4</sub>               | CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O                | 1100                           |

Fonte: Buergo e Limón (1994)

Segundo Arendt [4], os sais mais danosos às edificações são os cloretos, nitratos e sulfatos. Em termos do nível de degradação ocasionado pelos sais em argamassas de reboco, existe uma tabela, criada pelo Institut für Gebäudeanalyse und Sanierungsplanung - IGS, e de acordo com o próprio autor Arendt [4], a sua obtenção foi realizada através de processos práticos no referido Instituto.

Esses dados foram complementados, na Universidade Federal de Santa Catarina, com o acréscimo do nível IV - muito alta e encontra-se transcrita na Tabela 2, abaixo. Salienta-se que a partir do nível III, a velocidade de degradação das superfícies é muito acelerada e qualquer processo de recuperação com materiais convencionais tem uma vida útil em torno de 3 anos. No entanto, deve ser ressaltado ainda, que tal tabela não indica o grau de degradação com existência de dois ou mais sais simultaneamente, fato este comum em alguns edifícios históricos.

Numa análise dos valores constantes na tabela, torna-se visível a conclusão de que os sais que mais provocam danos às argamassas são os cloretos, os sulfatos e os nitratos respectivamente, pois uma menor quantidade de sal proporciona um mesmo nível de contaminação. No entanto, nos trabalhos realizados no Laboratório de Tecnologia do Restauo com estes sais, houve resultados divergentes, sendo o sulfato visivelmente o sal mais danoso, no período imediatamente posterior ao experimento, em torno de 2 meses [5].



**Tabela 2 - Grau de sobrecarga dos principais sais higroscópicos.**

| <b>Grau de Sobrecarga</b> | <b>Cloreto (%) *</b> | <b>Nitrato (%) *</b> | <b>Sulfato (%) *</b> |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0 – mínimo                | 0,000-0,004          | 0,000-0,016          | 0,000-0,024          |
| I – pouco                 | 0,005-0,030          | 0,017-0,050          | 0,025-0,077          |
| II médio                  | 0,031-0,090          | 0,051-0,160          | 0,078-0,240          |
| III – alto                | 0,091-0,280          | 0,161-0,500          | 0,241-0,770          |
| IV - muito alto           | > 0,281              | > 0,501              | > 0,771              |

\* - em relação a massa do material

Fonte: Adaptado de Arendt (1995)

## 2 FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Várias são as fontes de origens dos sais. Eles existem na natureza, podem ser produzidos pelo homem nas atividades industriais ou até mesmo surgirem através da mistura de alguns materiais de construção:

- a) material de construção;
- b) combinação inadequada de alguns materiais de construção;
- c) atmosfera;
- d) sais de degelo e adubos;
- e) solo ou no lençol freático.

### 2.1 Materiais de construção

Muitos materiais utilizados na construção de edifícios podem conter sais, alguns deles incorporados a sua composição química, outros simplesmente depositados em seus poros ou dissolvidos na água presente em seu interior. Podem ser citados como exemplos, as pedras de construção, as areias, alguns tipos de cimentos, alguns aditivos utilizados nas argamassas, concretos e blocos cerâmicos. Também, a própria água consumida pelo ser humano e elemento essencial para a execução de qualquer tipo de edificação pode estar contaminada. A Fig. 1 mostra o processo de desagregação de um bloco cerâmico maciço localizado numa parede do terceiro pavimento de uma edificação.

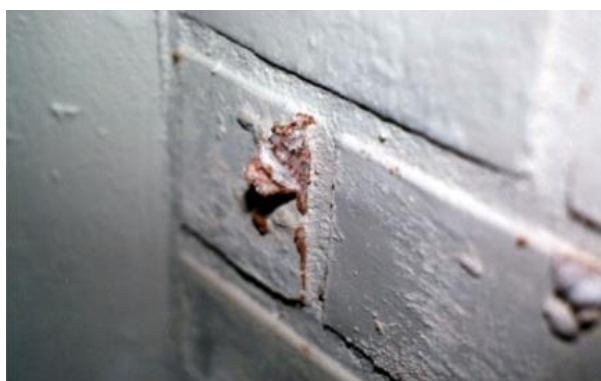


Figura 1 – Desagregação de um bloco cerâmico maciço devido a presença de sais.



As areias retiradas das praias ou dos estuários dos rios contêm sais, muitas vezes com teores de até 6 %, em relação a sua massa, de acordo com Metha e Monteiro [6].

Como um possível supridor de cloretos na argamassa, o próprio cimento Portland contém em torno de 0,01 % da massa total, de sal. A água potável pode conter aproximadamente 250 ppm de íons cloreto e numa relação água/cimento 0,4. Esta água contribuirá com a mesma quantidade de íons com o próprio cimento.

Também os blocos cerâmicos fabricados com argilas contaminadas por pirita ( $\text{FeS}_2$ ) que, durante o cozimento, transformam-se em sulfato de um metal alcalino (potássio, sódio) ou metal alcalino terroso (cálcio, magnésio) podem ser uma fonte de contaminação dos edifícios.

Muitos aditivos utilizados como aceleradores do tempo de pega nas argamassas têm como base os cloretos.

Apesar da existência desses sais nos materiais de construção, normalmente os seus níveis são num valor muito reduzido, não acarretando danos aos próprios materiais. No entanto, se forem várias as fontes de contaminação, as argamassas correm risco de sofrerem uma degradação significativa.

## 2.2 Combinação inadequada de materiais de construção

Em alguns edifícios e, principalmente, em algumas restaurações, a utilização de materiais incompatíveis com aqueles existentes na alvenaria e rebocos apresentam-se como responsáveis por problemas que poderão ocorrer posteriormente aos trabalhos de restauração ou consolidação executados. Em edifícios contemporâneos este fenômeno pode ter como causa a presença de muita umidade na base das alvenarias, conforme pode ser visto na Fig. 2.



Figura 2 – Danos provocados numa parede com muita umidade

As reações químicas que têm originado degradação em alvenarias, como uma consequência da interação entre os materiais utilizados, de acordo com Colleparidi [7], são basicamente duas e ambas requerem a presença de sais de sulfato, acompanhados de muita umidade. Os produtos que podem se originar dessas reações são denominados de etringita -  $\{\text{Ca}_6 [\text{Al}(\text{OH})_6]_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}\}$  .  $[(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  e taumasita -  $\{\text{Ca}_6 [\text{Si}(\text{OH})_6]_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}\}$  .  $(\text{SO}_4)_2 \cdot (\text{CO}_3)_2$ , dois conhecidos componentes da química do cimento Portland. Contudo eles podem também se formar nos materiais de edifícios históricos construídos antes da descoberta do cimento Portland.

Estes dois componentes freqüentemente estão presentes em conjunto, através da formação inicial de etringita e posterior da taumasita. Além disso ambos têm a característica de iniciarem a sua formação em ambientes frios (0 a 10 °C ) mais rapidamente que em condições quentes.



É importante enfatizar que a formação de etringita não é perigosa em si mesma, pois não começa a sua expansão se não estiver acompanhada da presença da cal. Metha e Monteiro [6], provaram que quando ela tem no seu entorno a presença da cal, cristaliza-se em formas muito pequenas (algumas micra), com fibras mal crescidas, capazes de absorver água e causar o seu inchamento. Ao contrário, quando a cal está ausente, a etringita mostra fibras bem crescidas (cerca de 100 micros de comprimento) que não absorvem água e, conseqüentemente, não proporciona crescimento. São denominadas respectivamente como etringita coloidal e cristalizada.

Os compostos químicos podem ter dois tipos de fórmulas: fórmula estrutural e fórmula geral. Cada tipo relaciona aspectos estruturais e cristalográficos (isto é, mostra como os átomos estão co-orientados dentro do cristal padrão).

A fórmula estrutural da etringita e da taumasita, escritas acima, indica uma semelhança entre estes dois produtos. Isto explica a analogia entre o processo de formação de etringita e taumasita e os mecanismos de degradação.

No cristal padrão de taumasita, o íon silício ocupa o lugar do íon alumínio do cristal padrão da etringita. Contudo, devido a diferente carga elétrica do silício ( $\text{Si}^{4+}$ ) em relação ao alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), adicionando o ion sulfatado ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), a taumasita precisa do ion carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) para neutralizar a carga elétrica positiva no cristal padrão.

A fórmula geral informa de quais componentes os produtos são formados (aluminato de cálcio, sulfato de cálcio, silicato de cálcio, carbonato de cálcio), mas nada esclarece quanto aos seus aspectos cristalográficos. Contudo, são muito úteis porque são indicativos dos compostos que poderão originar os produtos finais. A fórmula geral da etringita está apresentada na Eq. 1:



enquanto a fórmula geral da taumasita pode ser escrita conforme a Eq. 2:



Em todos estes casos, a capacidade hidráulica do aglomerante (devido a formação de silicato e aluminato de cálcio) que promove a resistência à água das argamassas endurecidas é também responsável pela possibilidade de interação com o sulfato de cálcio, o qual pode estar presente nessas construções.

Para que haja o processo de reação, iniciado com a formação de etringita, as seguintes condições são necessárias, em ordem, para que a combinação possa acontecer:

- a) a presença de sulfato nas construções;
- b) a presença de aluminato hidratado de cálcio nas argamassas usadas nos trabalhos de restauração;
- c) a presença de umidade na construção.

De forma semelhante, o processo de reação que inicia a formação de taumasita, também precisa de três condições:

- a) a presença de sulfato nas construções;
- b) a presença de silicato hidratado de cálcio nas argamassas usadas nos trabalhos de restauração;
- c) a presença de umidade.

Quando argamassas hidráulicas baseadas em cimento, cal hidráulica ou simplesmente cal e pozolana forem usadas nos trabalhos de restauração, é possível a formação de silicato ou





aluminato hidratado de cálcio. Portanto, se o sulfato de cálcio e umidade estiverem presentes, existe a possibilidade de formação de etringita e/ou taumasita, resultando numa deterioração na argamassa de restauração.

A formação de etringita pode ocorrer também quando os tradicionais aglomerantes aéreos (cal e gesso) forem usados. Para que isto ocorra, determinadas condições devem estar presentes na construção a ser restaurada. Por exemplo, pode formar etringita se for utilizada uma argamassa à base de cal em restaurações onde os materiais originais sejam pozolana e gesso ou quando os blocos cerâmicos contiverem sais de sulfato ou ainda, quando a água salgada flui através dos capilares desses materiais. Também pode ser formada etringita se o gesso, na argamassa de restauração, for usado nas edificações contendo aluminato de cálcio hidratado de argamassas baseadas em cal hidráulica ou na mistura de cal e pozolana.

Por outro lado, a formação de taumasita pode ocorrer quando forem usados como aglomerante, cal e gesso, porque estes compostos contêm os elementos necessários para a sua formação, necessitando adicionalmente apenas de muita umidade.

As principais diferenças entre as duas reações, segundo Collepari [7] são:

a) a formação de etringita causa expansão na argamassa mas, após o craquelamento, o material ficará estável, sadio e resistente. Ao contrário, a taumasita não é acompanhada por uma expansão significativa, mas após a sua formação, a argamassa torna-se inconsistente e sem resistência, provocando a sua desagregação, particularmente na presença de água;

b) a etringita forma-se mais rapidamente que a taumasita, portanto a presença de taumasita é mais freqüentemente precedida pela formação de etringita. A taumasita pode formar-se em torno de dez dias ou até alguns anos, dependendo das condições ambientais (temperatura, umidade, etc.);

c) embora baixas temperaturas favoreçam as formações, em ambos os processos, em climas frios a formação de taumasita é especialmente acelerada. As condições termo-higrométricas ótimas para que aconteça a formação de taumasita são de 90 % de URA e temperatura entre 0 e 5 °C.

## 2.3 Na atmosfera

Todos os combustíveis, especialmente os gases e as madeiras, contém enxofre, que ao sofrerem um processo de combustão, geram o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). Na atmosfera, parte deste dióxido é oxidada, transformando-se em trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ). No entanto, uma outra porção entra em contato com a água presente na atmosfera formando o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Este ácido, por ser muito reativo, ataca especialmente os carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) das argamassas, das pinturas à base de cal e de algumas pedras naturais, formando o sulfato de cálcio (gesso). Quando no exterior das paredes, forma uma camada que pode desaparecer por dissolução. Quando no interior, pode hidratar-se gerando um aumento de volume de 32%, segundo Buergo e Limón [3], provocando descascamentos e perdas de material.

Outra forma de salinização é aquela decorrente da névoa salina. Segundo Metha e Monteiro [6], próximo ao mar, o ar contém cloretos que podem ser transportados pelos ventos e percorrerem enormes distâncias, tendo já se observado casos de transporte por 2 km, dependendo da intensidade do vento e da topografia do terreno. A configuração da edificação também influencia o movimento dos sais transportados pelo ar e os redemoinhos podem fazer com que estes sais alcancem as faces das fachadas opostas ao mar. A imagem mostrada na Fig. 3 apresenta este tipo de problema patológico.



Figura 3 – Problemas patológicos ocasionados pela névoa salina

## 2.4 No solo ou no lençol freático

As águas salobras contêm cloretos e sulfatos. A água não é prejudicial quando o teor de cloreto e de sulfato não ultrapassarem a 500 ppm (partes por milhão que é equivalente a mg/kg) e 1000 ppm, respectivamente.

De acordo com Mehta e Monteiro [6], a água do mar tem uma salinidade total de cerca de 3,50 % (oceano Atlântico 3,60 %), tendo como íons principais os cloretos com 2,00 % e os sulfatos com 0,28%. Dentre os sais dissolvidos, 78 % são NaCl; 15% de  $MgCl_2$  e  $MgSO_4$ .

Embora raramente se construa em locais onde haja ação direta da água do mar, deve ser lembrado que muitas obras são executadas sobre aterros em regiões que, no passado, eram mar. E assim, toda esta concentração de salinidade fica depositada no solo e, aos poucos, subirá por capilaridade às fundações da edificação e, posteriormente, para as paredes. A Fig. 4 e a Fig. 5 mostram a aparência de blocos cerâmicos contaminados por sulfatos provenientes do subsolo e a contaminação de uma parede por sais oriundos do lençol freático.

Também deve ser mencionado que podem ingressar na edificação cloretos provenientes de decomposição de materiais orgânicos contendo cloro. Forma-se ácido hipoclorídico que se deposita na superfície da parede e pode, posteriormente, reagir com os íons de cálcio que existem nas águas dos poros das argamassas.



Figura 4 – Aparência de blocos cerâmicos contaminados por sulfato do lençol freático.



Figura 5 – Parede contaminada pelo lençol freático com sais.

O sulfatos nas águas freáticas normalmente têm origem animal, mas eles também podem ser originados de fertilizantes ou de efluentes industriais.

Os nitratos surgem a partir dos excrementos animais, principalmente na urina, em forma de nitritos que posteriormente se transformam em nitratos.

## 2.5 Sais de degelo e adubos

Embora não sejam aplicados no Brasil, em função do seu clima, em algumas cidades onde existe o acúmulo de neve utilizam-se sais para acelerar o processo de liquefação do gelo. Estes sais dissolvem-se na água e, muitas vezes, parte deles penetra no solo próximo às edificações, contaminando, inicialmente, o lençol freático e depois, as próprias paredes. No entanto, alguns países, inclusive a Alemanha, já proibiram este procedimento.

Também, na agricultura, a utilização de adubos, muitos deles com sais de sulfato, poderá provocar, no futuro, problemas de contaminação nas edificações a serem construídas uma vez que estas substâncias ficarão retidas no solo, impregnando-os.

## 3 OS SAIS DE SULFATO

Pesquisadores têm usado rotineiramente soluções de sulfato de sódio no desenvolvimento de testes de deterioração acelerada para simular ou reproduzir condições de decadência e danos em materiais porosos, numa grande variedade de ambientes. Este sal é tipicamente selecionado por duas razões: primeiro, porque ele é um dos que mais ocorre nos diversos ambientes e, segundo, é altamente destrutivo.

Como citado anteriormente, a cristalização de sais solúveis nos poros dos materiais de construção tem sido reconhecida como um importante processo de deterioração, contribuindo para a desagregação de alvenarias e rebocos nos edifícios, através da deterioração principalmente das argamassas, em condições ambientais normais. O sulfato de sódio é o responsável por significantes danos nos materiais de construção mais porosos, os quais são aparentemente causados pela alta pressão gerada nos fenômenos de cristalização e de hidratação.

De acordo com Navarro et al [8], o sulfato de sódio inclui duas fases estáveis. A thenardita ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) é a fase anidra e precipita-se diretamente da solução, numa temperatura acima de 32,4 °C. Abaixo desta temperatura, a fase estável é a mirabilita ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), a qual rapidamente desidrata-se numa umidade relativa abaixo de 71%, a 20 °C, para formar thenardita. A thenardita será rehidratada para mirabilita se a umidade ascender de 71%. O sulfato de sódio heptahidratado ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) tem sido descrito como precipitação na temperatura abaixo do ponto de transição





entre a mirabilita e a thenardita, todavia, esta fase é metaestável e não tem sido claramente identificável na natureza.

Em condições naturais, os processos de cristalização/dissolução periódicas e/ou de hidratação/desidratação são típicos, com a alternância de ciclos de umidificação/secagem devido a chuvas ou condensação. Os cristais de sulfato de sódio nos materiais porosos podem precipitar originalmente como thenardita ou numa mistura de mirabilita com thenardita, dependendo das condições ambientais e das características do sistema poroso. Mais tarde a mirabilita pode desidratar resultando em formação de thenardita. Como a água pode voltar à parede, a thenardita pode dissolver-se, formando uma solução saturada, seguida de evaporação e finalmente precipitar sozinha ou com a mirabilita. Neste caso, somente a pressão de cristalização (sem pressão de hidratação) será a responsável pelos danos nos materiais.

Embora a maior parte dos autores atribua quase todos os danos para a hidratação do sulfato de sódio dentro de um material poroso (pressão de hidratação), alguns estudos mostraram que a cristalização da thenardita pode ser responsável por danos ainda maiores, segundo Navarro et al. [8].

Também, a presença de poros muito pequenos (microporos) induz a altas taxas de supersaturação da solução de sulfato de sódio antes de ocorrer a cristalização. Altas taxas de supersaturação resultam em alta pressão de cristalização e, conseqüentemente, significantes danos para os respectivos materiais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A umidade e a salinidade são dois importantes fenômenos que, quando simultâneos, provocam grande deterioração nas argamassas. No entanto, deve ser ressaltado, que se não houver a presença da água, seja no estado líquido ou gasoso, os sais não oferecerão problemas patológicos aos revestimentos dos edifícios. A incorporação da umidade à rede cristalina dos sais é que proporciona o crescimento das suas moléculas e a conseqüente desagregação da massa. Por esta razão é que se deve identificar a sua origem com precisão, para uma possível ação de recuperação patológica do edifício.

Quanto aos sais propriamente ditos, apesar dos vários estudos, a pouca informação sobre os seus resultados proporciona um desconhecimento geral sobre estes fenômenos, e por conseqüência, a divulgação dos seus danos às argamassas é pouco difundido, o que leva, muitas vezes, a registrar-se a umidade como elemento responsável por muitas anomalias. Assim, as soluções apresentadas nem sempre são as mais eficazes para eliminarem definitivamente o problema existente.

#### REFERÊNCIAS

- [1] NETTO, Carmo Gallo. (1991) "Química Geral". São Paulo: Scipione.
- [2] HARDWICK, E. RUSSEL. (1965) "Química". São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.
- [3] BUERGO, Mônica Alvarez de e LIMÓN, Tereza Gonzalez. (1994) "Restauración de Edificios Monumentales". Madri: Laboratorio Central de Estructuras y Materiales - Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- [4] ARENDT, Claus. (1995) "Métodos de Tratamento de Alvenarias Deterioradas: Utilização de Rebocos de Recuperação e Medidas de Combate aos Sais". Seminário de Recuperação de Obras Históricas de Engenharia e Arquitetura: Avaliação do Estado de Conservação, Análise, Diagnóstico e Terapia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [5] NAPPI, Sérgio C. Branco. (1998) "Rebocos de Recuperação" Relatório de Pesquisa. Florianópolis.
- [6] MEHTA, P. Kumar e MONTEIRO, Paulo J. M. (1994) "Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais". São Paulo: Pini.



[7] COLLEPARDI, M. (1990) "Degradation and Restoration of Masonry Walls of Historic Buildings. Materials and Structures". RILEM.

[8] NAVARRO, Carlos Rodrigues; DOEHNE, Eric; SEBASTIAN, Eduardo. (2000) "How does Sodium Sulphate Crystallize? Implications for the Decay and Testing of Building Materials". New York: Cement and Concrete Research 30.