MANUAL DE CONSERVAÇÃO DE CANTARIAS

2000

ÍNDICE

1- APRESENTAÇÃO 4

2- INTRODUÇÃO 5

3- TIPOS DE ROCHA ENCONTRADOS NO BRASIL..... 7

- Calcário 7
- Pedra Lioz 7
- Mármore..... 7
- Pedra-sabão 7
- Gnaisse 7
- Granito 8
- Arenito 8

4- A UTILIZAÇÃO DA PEDRA NAS CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS 9

4.1- ALVENARIAS DE PEDRA 9

- Pedra Seca 9
- Pedra e Barro 9
- Pedra e Cal 9
- Pedra Regular 9
- Canjicado 10

4.2- ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS..... 10

- Colunas e pilares 10
- Cunhais 11
- Arcos 11
- Cimalhas 12
- Cercaduras 12
- Cachorros 13
- Escadas e degraus 13
- Mobiliário e equipamentos urbanos 14

4.3- PEDRAS COMO MATERIAL DE REVESTIMENTO 14

4.3.1- PISOS 14

4.3.1.1- INTERNOS 14

- Mármore 14
- Lioz 14
- Lajeado 14
- Seixo rolado 14

4.3.1.2- EXTERNOS 15

- Lajeado 15
- Seixo rolado 15

4.3.2- PAREDES EXTERNAS 15

5- PATOLOGIAS 17

5.1- METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS 17

5.1.2- CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS..... 17
5.1.3- CARACTERIZAÇÃO DO MEIO AMBIENTE 18

5.2- AGENTES DEGRADADORES DA PEDRA 18

5.2.1- ESTRESSES EXTERNOS 18

- Carga 17
- Expansão térmica 18
- Expansão devido à umidade 19

5.2.2- ESTRESSES INTERNOS 19

- Congelamento 19
- Cristalização de sais 19
- Erosão alveolar 19
- Eflorescência 20
- Corrosão de grampos de ferro 20

5.2.3- AGENTES FÍSICOS EXTERNOS..... 20

- Capilaridade 21
- Condensação 21
- Ataque da chuva 22
- Poluição atmosférica 22

5.2.4- ATAQUE BIOLÓGICO 23

- Bactérias e fungos 23
- Algas 23
- Liquens 23
- Plantas 23

5.3 - RECONHECIMENTO DAS PATOLOGIAS..... 24

- Alteração Cromática 24
- Alveolização 24
- Crosta Negra 24
- Degradação Diferencial 24
- Desagregação 25
- Esfoliação 25
- Fissura 26
- Perdas 26
- Pitting 26
- Presença de vegetação 27
- Grafitismo 27

6- MÉTODOS DE TRATAMENTO 28

6.1- LIMPEZA DE CANTARIAS 28

6.1.1- MÉTODOS DE LIMPEZA DE CANTARIAS 28

6.1.1.1- LIMPEZA COM ÁGUA..... 28

- Água vaporizada 28
- Jateamento de água a baixa pressão 29

6.1.1.2- LIMPEZA QUÍMICA 29
- Pastas aquosas 29

6.1.1.3- LIMPEZA MECÂNICA 30
- Microjateamento de areia 30
- Microabrasador 31
- Limpeza com bisturi 31
- Limpeza a laser 31

6.2- RECONSTITUIÇÃO DE CANTARIAS 32

6.2.1- COM PRÓTESES 32

6.2.2- COM ARGAMASSAS 33

6.2.3- COM POLÍMEROS 33

6.3- CONSOLIDAÇÃO DE CANTARIAS 34

6.4- PROTEÇÃO DE CANTARIAS 35

6.4.1- PROTEÇÃO SUPERFICIAL 35

6.4.2- PROTEÇÃO CONTRA UMIDADE 36

- Barreira Física..... 36
- Controle climático interno..... 36
- Valas de Ventilação..... 36
- Valas de Ventilação com enchimento..... 37
- **Proteções diversas..... 37**

GLOSSÁRIO..... 38

BIBLIOGRAFIA..... 42

1- APRESENTAÇÃO

O Manual de Conservação de Cantarias faz parte de um conjunto de manuais do IPHAN cuja finalidade é orientar todos aqueles que participam direta e indiretamente da preservação do Patrimônio Cultural. O Manual visa também unificar os procedimentos adotados nas intervenções de conservação em esculturas, estruturas e elementos decorativos executados em pedra nos monumentos históricos brasileiros.

O Manual tem o objetivo de atender a necessidade de orientação técnica prevista nas intervenções preliminares de conservação da pedra, sem ter a pretensão de esgotar todas as possibilidades de diagnóstico, tratamentos e procedimentos relativos a essa área de atuação.

O Manual aborda, entre outros aspectos, os tipos de rocha utilizados no Brasil e suas formas de utilização, a identificação das patologias e dos agentes degradadores e os métodos de tratamento.

É um trabalho de caráter preliminar que necessita de um processo de discussão, revisão e complementação, que promova o aprimoramento técnico para posterior publicação pelo IPHAN.

Foi elaborado pelo técnico Frederico Almeida, engenheiro da 5ª SR do IPHAN, e pautado na experiência vivenciada na jurisdição daquela Regional, contando com o apoio técnico e operacional do Grupo Tarefa do Programa Monumenta, com apoio da UNESCO, através do Acordo de Cooperação Técnica entre o Minc e este organismo.

2- INTRODUÇÃO

No Brasil, as primeiras construções, simples e frágeis paliçadas de madeira com cobertura de fibras vegetais, foram sendo substituídas por construções sólidas e definitivas à medida que o povoado ia se consolidando.

A significativa riqueza mineral do Brasil, com considerável variedade de tipos de rochas distribuídas em toda a extensão territorial, possibilitou a utilização da pedra pelos colonizadores à semelhança do que ocorria no continente europeu. Nas mais antigas e nobres edificações brasileiras, a pedra era aplicada nas alvenarias e na decoração das fachadas e interiores. Foi fundamental na consolidação das fortificações, no momento em que as muralhas, inicialmente em terra, foram reforçadas com espessas alvenaria de pedra .

Em se tratando de material nobre, quanto maior a riqueza ornamental em pedra, mais importante e imponente era a edificação.

A escolha do tipo de rocha a ser utilizada variava conforme o serviço a ser executado e a região do país. Assim, nas regiões ricas em calcário, era esse o tipo presente nas construções dos edifícios, tanto nas alvenarias como nos elementos decorativos. Certamente, a baixa dureza do material permitiu o uso na execução dos elementos decorativos, cujo resultado foram os primorosos trabalhos escultóricos em portadas, lavabos, socos de altares, taças de púlpito e cimalhas, como se pode observar em exemplares da arquitetura colonial, civil e religiosa nos Estados de Sergipe, Paraíba e Pernambuco. Na Paraíba, existem monumentos totalmente construídos em pedra calcária, devido à predominância e à abundância de jazidas dessa rocha. É o caso da Igreja de Nossa Senhora da Guia, que, além da fachada principal em cantaria magnificamente esculpida, apresenta, em seu interior, elementos arquitetônicos e bens integrados de excepcional valor artístico, com destaque para o retábulo do altar-mor. Pela facilidade do corte e do esquadrejamento, o calcário foi muito utilizado na execução da alvenaria regular de pedra, em blocos de grandes e médias dimensões, como, por exemplo, no Forte Orange, em Itamaracá/PE, e na Fortaleza de Santa Catarina em Cabedelo/PB.

Em áreas ricas em arenito, oriundo de arrecifes marinhos ou de rios, é este o material dos elementos arquitetônicos e decorativos das fachadas das edificações. Especificamente no Nordeste destacam-se Penedo, às margens do rio São Francisco, e Recife, cidade litorânea com orla protegida por arrecifes. O arenito, por oferecer maior resistência, foi substituindo o calcário como pedra decorativa das fachadas.

No litoral sul do estado de Pernambuco, região rica em gnaisses, calcário e granito, observa-se em algumas construções o uso simultâneo dessas três pedras, cada uma delas aplicada conforme sua especificidade: o gnaisse e o granito nas alvenarias ordinárias, e o arenito nas ornamentações das fachadas, cunhais, cercaduras e cimalhas, como pode ser observado no Convento de Santo Antônio em Serinhaém/PE.

Mesmo dispondo o Brasil de rochas em abundância, constata-se a importação de pedras, como o lioz, vindo de Portugal nos lastros dos navios, largamente utilizado no Nordeste em elementos arquitetônicos e decorativos, nos revestimentos de pisos e paredes. No Recife, o lioz é muito encontrado: a fachada da igreja da Boa Vista, feita de blocos previamente esculpidos; as paredes do mercado de São José; muitas das calçadas e meios-fios dos antigos bairros do Recife, São José e Boa Vista; as cercaduras das fachadas do Teatro Apolo e o pórtico do Teatro Santa Isabel são alguns dos muitos exemplares existentes na cidade.

A Itália, famosa pela variedade de mármores decorativos, difundiu o uso desse material, considerado o mais nobre do mundo, na Europa e também nas Américas. Mesmo tendo a arquitetura colonial brasileira recebido forte influência italiana, constata-se a pouca utilização do mármore no Brasil. São freqüentes, em grande número de monumentos brasileiros do Nordeste, as pinturas popularmente conhecidas como marmorizadas, empregadas nos elementos arquitetônicos e decorativos em madeira, pedra ou massa, simulando o mármore colorido, pouco existente no Brasil.

3.2- TIPOS DE ROCHA ENCONTRADOS NO BRASIL E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CALCÁRIO

Origem geológica:	**Sedimentar.**
Cor:	**Varia do branco ao bege amarelado.**
Textura:	**Variada – compacta, terrosa, granulada, fosca.**
Dureza:	**Muito macia e de fácil trabalhabilidade.**
Porosidade:	**Alta.**
Local onde é encontrado:	**Principalmente no Nordeste do Brasil: Paraíba, Sergipe.**
Utilização:	**Cantarias esculturais, alvenarias regulares.**
OBS:	**A alta porosidade e a baixa dureza diminuem a resistência às intempéries.**

PEDRA LIOZ

Origem geológica:	**Metamórfica.**
Cor:	**Bege-claro, cinza, rosa.**
Textura:	**Polida, lisa.**
Dureza:	**Média.**
Porosidade:	**Média.**
Local onde é encontrada:	**Portugal e França.**
Utilização:	**Cantaria decorativa, esculturas, fachadas, pisos, etc.**

MÁRMORE

Origem geológica:	**Metamórfica.**
Cor:	**Branco, preto, rosa, verde, etc.**
Textura:	**Lisa, polida.**
Dureza:	**Média.**
Porosidade:	**Alta porosidade.**
Local onde é encontrada:	**Minas Gerais, Bahia.**
Utilização:	**Pisos, fachadas, esculturas, etc.**
OBS:	**No Brasil foi pouco utilizado como revestimento de fachadas, mas influenciou toda a arte decorativa – o "marmorizado".**

PEDRA-SABÃO

Origem geológica:	**Sedimentar.**
Cor:	**Variada.**
Textura:	**Lisa, Polida.**
Dureza:	**Macia, talcosa.**
Porosidade:	**Alta.**

Local onde é encontrada:	**Minas Gerais e sertão nordestino.**
Utilização:	**Cantaria decorativa e esculturas.**
OBS:	**O "Aleijadinho"foi o grande utilizador desse tipo de rocha.**

GNAISSE

Origem geológica:	**Magmática.**
Cor:	**Escura – cinza e marrom.**
Textura:	**Fosca, rugosa "in natura".**
Dureza:	**Alta.**
Porosidade:	**Baixa.**
Local onde é encontrada:	**Nordeste e Sudeste do Brasil.**
Utilização:	**Alvenaria ordinária.**
OBS:	**Pedra semigranítica.**

GRANITO

Origem geológica:	**Magmática.**
Cor:	**Variada.**
Textura:	**Fosca, "in natura".**
Dureza:	**Alta.**
Porosidade:	**Baixa.**
Local onde é encontrado:	**Minas Gerais e sul da Bahia.**
Utilização:	**Alvenaria ordinária.**
OBS:	**Constituída de quartzo e feldspato. No Nordeste é encontrado com mica, em tons de cinza brilhante.**

ARENITO

Origem geológica:	**Sedimentar.**
Cor:	**Bege, cinza.**
Textura:	**Rugosa, áspera, terrosa, granulada.**
Dureza:	**Alta.**
Porosidade:	**Alta.**
Local onde é encontrada:	**Costa brasileira principalmente no Nordeste – Pernambuco e Alagoas.**
Utilização:	**Cantaria decorativa, fachadas.**
OBS:	**Devido à alta resistência, substituiu o calcário na ornamentação das fachadas.**

4- A UTILIZAÇÃO DA PEDRA NAS CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS

4.1- ALVENARIAS DE PEDRA

Pedra Seca - As pedras são aplicadas em seu estado natural e a alvenaria erguida sem a utilização de argamassa: às pedras assentadas umas sobre as outras, intercalam-se pedras menores para melhor acomodação e estabilidade da construção. Geralmente constitui muros divisórios de grande espessura e não muito altos. É pouco encontrada em construções residenciais.

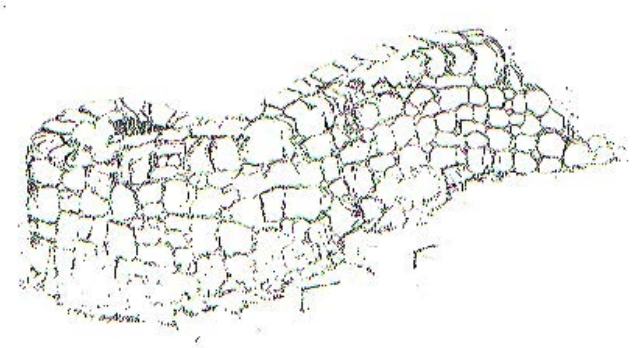


Figura: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

Pedra e Barro –As pedras são aplicadas tanto em seu estado natural como beneficiadas. Quando aparentes, são submetidas a serviço de cantel. Essa alvenaria, normalmente de função estrutural, é erguida com argamassa de terra e, em alguns casos, as pedras menores intercalam-se às maiores. As espessuras das paredes variam de 0,50m a 1,00m. Excepcionalmente, alcançam dimensões de até 1,80m. Geralmente, nesses casos, são erguidas duas paredes paralelas e o vazio é preenchido com material solto de pedras e massa.

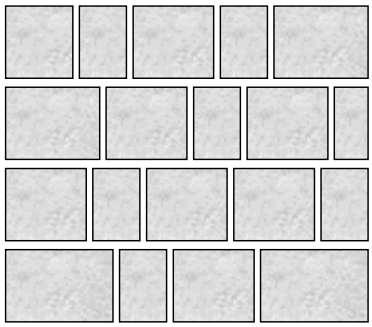
Pedra e Cal – Esta alvenaria diferencia-se da anterior apenas pela argamassa, que passa a ser constituída de terra e cal.



Forte de Nossa Senhora dos Remédios _ Fernando de Noronha – PE .

Foto: Frederico Almeida

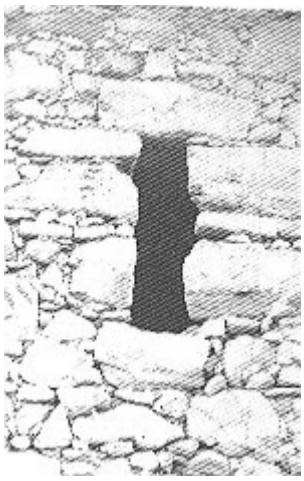
Pedra Regular – São alvenarias constituídas por blocos regulares de pedra de grandes espessuras e faces trabalhadas e lisas, quando aparentes. Muito usadas nas construções das muralhas das fortificações, são também encontradas em edificações civis e religiosas, especificamente nos cunhais, embasamentos e socos.



ALVENARIA REGULAR

Desenho: Frederico Almeida

Canjicado – Alvenaria de pedras irregulares. Intercalam-se pedras de maior tamanho com pedras menores, que formam um entremeado chamado de “canjicado” . Pode ser encontrado em alvenarias com argamassas de barro ou de cal.



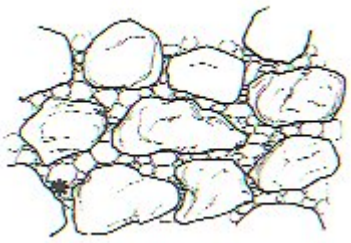


Foto e Figura: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

4.2- ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS

COLUNAS E PILARES

Estes elementos estruturais, sempre presentes nos espaços arquitetônicos do passado, foram desde a antiguidade tratados de forma a se integrarem à concepção espacial e estética do edifício.
A pedra, em todo o mundo, foi o material geralmente escolhido para a execução dessas estruturas primordiais à estabilidade das edificações. Utilizavam-se as rochas de melhor qualidade, aliando-se a este conceito a textura e a cor de forma a que o produto final, esculpido conforme o gosto e o estilo arquitetônico da época, oferecesse ao observador um belo efeito visual.

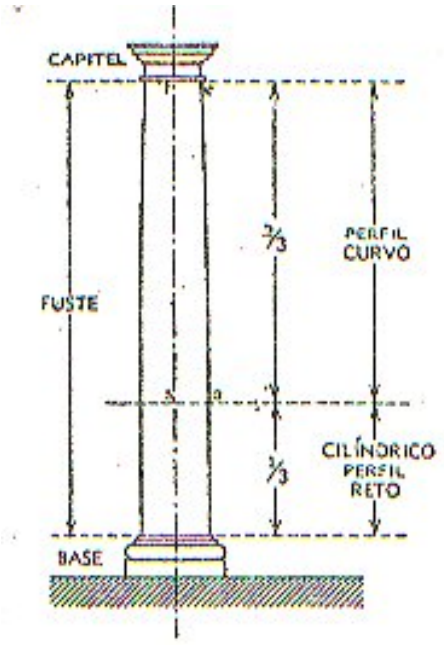


Figura – Fonte: Conservação e Restauração de Monumentos Históricos _ SEPLAN- IPHAN – FUNDARPE. – Zildo Sena Caldas

CUNHAIS

Elementos estruturais fundamentais na construção das antigas edificações. Por estarem integrados à concepção da obra arquitetônica, são também considerados componentes da decoração das fachadas dos edifícios.
Quando executados em pedra, são constituídos por blocos regulares, aparelhados para permanecerem aparentes. As faces das pedras, geralmente lisas, podem apresentar decoração pontual de trabalho de cantel, em baixo ou em alto-relevo.

ARCOS

Elementos estruturais que possibilitaram a criação de vãos com dimensões superiores àquelas provenientes do uso da verga reta. Quando em pedra, as aduelas que os constituem são cortadas em cunha e o fecho (peça fundamental à estabilidade do arco) apresenta geralmente decoração em relevo.

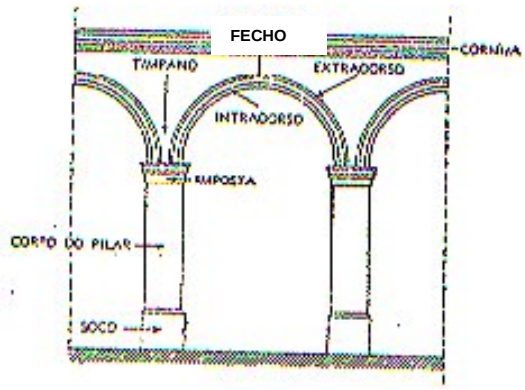


Figura – Fonte: Conservação e Restauração de Monumentos Históricos _ SEPLAN-IPHAN – FUNDARPE. – Zildo Sena Caldas

CIMALHAS

Elementos decorativos de acabamento, que ornamentam a concordância do topo superior das paredes com o forro (nos ambientes internos) e/ou com o beiral (no exterior).
Quando em pedra, os blocos são engastados nas paredes, ficando uma parte em balanço, a qual, previamente trabalhada no cantel, forma um perfil contínuo geralmente ricamente recortado.



Beirais de Olinda – Foto: Frederico Almeida

CERCADURAS

São elementos que emolduram vãos de porta e janelas das edificações. Quando em pedra, as partes que constituem peitoril, ombreiras e vergas nas janelas, soleira, ombreira e verga nas portas são confeccionadas em blocos separados e recebem esmerado tratamento de cantel. Executadas para permanecerem aparentes, têm a finalidade estética de ressaltar a cadência dos cheios e vazios da fachada do edifício, enriquecendo-o e valorizando a leitura arquitetônica.

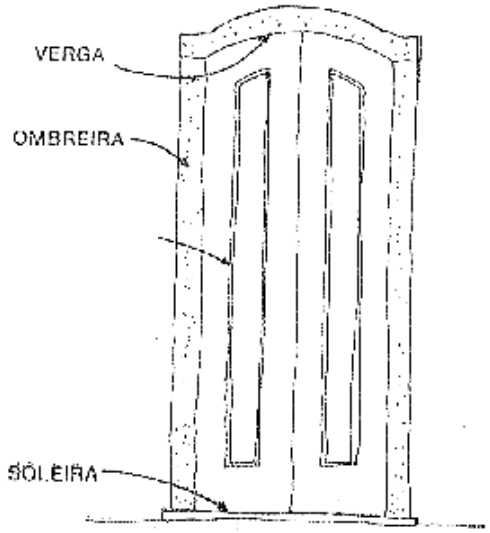


Figura – Fonte: Barroco Mineiro – Glossário de Arquitetura e Ornamentação

CACHORROS

Elementos estruturais engastados nas paredes, cujo balanço dá apoio a sacadas, janelas, barroteamentos de pisos e estrutura de coberta. Quando em pedra, são executados a partir de blocos de forma regular, geralmente prismas retangulares. A face aparente recebe o tratamento usual de cantel, que pode ainda aparecer recortado, conforme o gosto da época, conferindo mais leveza às estruturas usualmente assentadas umas ao lado das outras e formando um conjunto denominado "cachorrada".

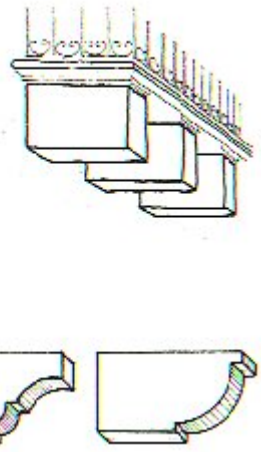


Figura: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

ESCADAS E DEGRAUS

As escadas, quando em pedra, são feitas de modo a cada degrau formar um batente biapoiado nas alvenarias de fechamento da caixa de escada. Os patamares são lajes de pedra com face lisa para cima que constituem o piso. Os bocéis são geralmente recortados, formam perfis decorativos que dão leveza e elegância à escada. Os guarda-corpos, com suas balaustradas de pedra, eram utilizados, geralmente, em entradas principais de prédios públicos e residências. Quanto mais ricos em detalhes os elementos em pedra, mais imponente era a escada.



Foto e Figura: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

MOBILIÁRIO E EQUIPAMENTOS URBANOS

A pedra foi muito utilizada na execução de mobiliário e equipamentos urbanos, tais como lavabos, pias batismais e de água benta, bases de púlpito, fontes, chafarizes, conversadeiras e bancos. Essas peças de dupla função, utilitária e decorativa, geralmente eram ornamentadas de acordo com as tendências da época e da inspiração do artista; há exemplares em todos os tipos de pedra de fácil trabalhabilidade, inclusive em mármore nacional e importado.

4.3- PEDRAS COMO MATERIAL DE REVESTIMENTO

4.3.1- PISOS

4.3.1.1- INTERNOS

- **Mármore-** Quando o revestimento de pisos internos era em pedra, o mármore, por sua resistência e nobreza, foi um dos mais usados em nossos monumentos. Era aplicado em ambientes nobres de grande circulação, assentado em pedras esquadrejadas de diversos tamanhos. No Brasil, é muito encontrado nas cores branca e preta, às vezes formando um quadriculado nessas duas cores. As placas eram assentadas em junta solta ou amarrada, ou mesmo em diagonal; a superfície polida, voltada para cima, e o tardoz, irregular.



Piso em mármore do Teatro de Santa Isabel – Recife/PE assentamento em diagonal –

Foto: Frederico Almeida

- **Lioz-** Pode-se encontrar, também, pisos internos revestidos de pedra lioz, assentados igualmente ao mármore, todavia em maiores dimensões.

- **Lajeado-** Tipo de piso revestido de lajes de pedra assentadas com argamassa de barro. As lajes podem ser trabalhadas em forma geométrica, quadrada e retangular, ou ainda de forma irregular. Pode-se usar lajes de pedra-sabão, arenitos, gnaisse, calcário e pedra lioz.

- **Seixo rolado-** Assentamento de pedras redondas de rios, chamadas de "seixos", sobre argamassa de barro, formando desenho mourisco. Para melhor aparência, maior resistência e durabilidade, deve-se fazer um apiloamento rigoroso, de modo a se ter uma perfeita compactação.

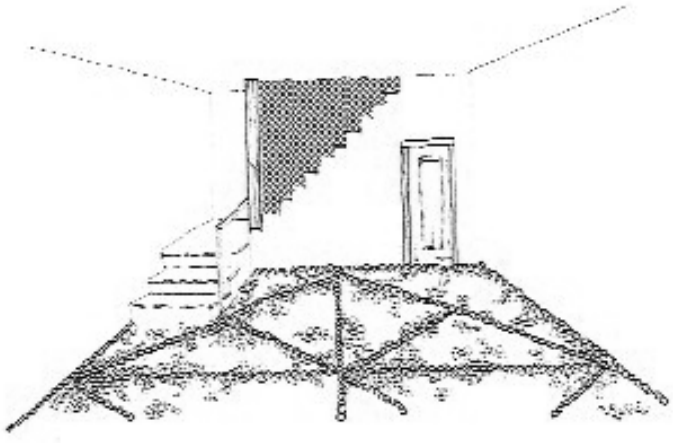


Figura: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

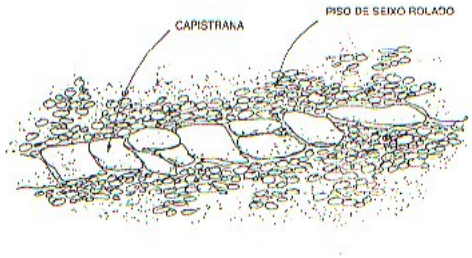
4.3.1.2- EXTERNOS

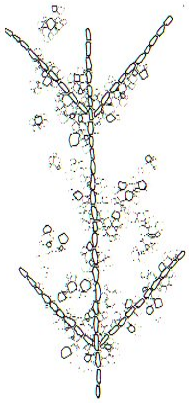
- **Lajeado –** Como nos revestimentos internos, são placas de pedra esquadrejadas ou de forma irregular, assentadas sobre um colchão de areia, ou argamassa de barro ou cal. Era geralmente utilizado em calçamentos externos como ruas e passeios públicos.



Foto : Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

- **Seixo rolado-** Usado também exteriormente, porém com pedra de rio de maiores dimensões . Nas ruas, forma faixas de lajes de pedra conhecidas como "capistranas", que serviam de passeio; no centro das ruas enladeiradas, geralmente eram aplicadas pedras em forma de "costela", que combatiam a erosão das enxurradas.





Figuras: Fonte – Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos – Sylvio Vasconcellos.

4.3.2- PAREDES EXTERNAS – Além dos azulejos, as paredes podem ser revestidas de pedra. Na Europa, há inúmeros monumentos com suas fachadas totalmente revestidas de pedra calcária, ou mármores de diversas cores, ou até de granitos. Eram assentadas com argamassa de barro, ou barro e cal. Devido ao peso, as placas de pedra podiam ser fixadas com grampos de metal. Há poucos monumentos revestidos externamente de pedra no Brasil. As fachadas das Igrejas da Conceição da Praia, em Salvador, e N. Sra. da Boa Vista, em Recife, são formadas por blocos de pedra lioz e não com placas fixadas nas fachadas.

5- PATOLOGIAS

5.1- METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Antes de qualquer trabalho de conservação em cantaria, deve-se efetuar um rigoroso levantamento de todas as patologias que estão afetando a obra lapidada, mapeá-las e identificá-las graficamente . Para uma primeira avaliação do estado de conservação, um cuidadoso exame visual do edifício deve ser executado. Segue-se, então, a necessidade da determinação do tipo químico e mineralógico da rocha usada, bem como o reconhecimento de suas características físicas: dureza, porosidade, peso específico, textura e cor.

Um estudo das condições ambientais do meio onde está inserida a obra de cantaria poderá facilitar o reconhecimento da influência dos agentes atmosféricos e ambientais no processo de deterioração da pedra. Para isso, deve-se preliminarmente determinar a variação de temperatura e umidade, o nível de poluição do ar, a salinidade do solo, ventos, chuvas, etc.

Quando se suspeita da influência de ataque biológico no processo de deterioração da pedra, os agentes biológicos (algas, bactérias, fungos, plantas, etc.) também devem ser analisados.

5.1.1- CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

O primeiro passo para caracterizar os materiais construtivos é realizar um levantamento dos dados arquivísticos e históricos concernentes aos materiais empregados na edificação, bem como das intervenções ocorridas no passado: reconstituições, limpezas, consolidações, etc. Esse trabalho capacitará o estabelecimento da existência de qualquer correlação entre os diferentes materiais e suas propriedades no processo de deterioração.

Além de um mapeamento dos materiais empregados no entorno, para a perfeita identificação da rocha utilizada na cantaria, é preciso obter-lhe

- o nome científico;
- o nome comum e outras possíveis designações;
- uma descrição macroscópica;
- a origem geológica;

Quando um determinado problema de conservação requer uma análise mais apurada, é necessária a obtenção de amostra do material pétreo utilizado, e a identificação da rocha deverá ser complementada com

- a caracterização mineralógica e a análise química;
- a capacidade de absorção de água;
- a análise da porosidade através da total imersão;
- a análise da absorção d'água através da capilaridade;
- a medição das propriedades mecânicas: resistência à compressão, à tração, à flexão, coeficiente de Poisson, graus de elasticidade, etc.;

- a medição das propriedades térmicas: coeficiente de dilatação e condutividade térmica.

5.1.2- CARACTERIZAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Para uma perfeita identificação das condições ambientais do monumento, deve-se obter

- a sua orientação geográfica;
- os principais parâmetros físicos do meio externo ao monumento e do seu interior: temperatura, umidade absoluta e relativa do ar, radiação solar, intensidade e direção dos ventos, índices de precipitações pluviométricas e suas variações de ocorrência durante o ano;
- as condições de poluição do ar e as informações sobre suas fontes, tráfego de veículos, indústrias, bem como as variações de ocorrência durante o ano;
- as fontes internas de calor e luz;
- as fontes naturais, eventuais fontes de ventilação;
- a freqüência da concentração de pessoas dentro do monumento.

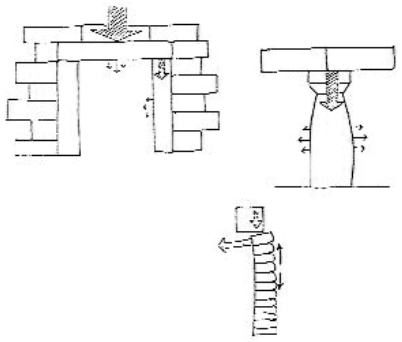
5.2- AGENTES DEGRADADORES DA PEDRA

5.2.1.- ESTRESSES EXTERNOS

A estrutura dos edifícios está sujeita à ação de maiores ou menores tensões localizadas, conforme a solicitação de carregamento a que está submetida. Os esforços provocam deformações e microfissuras na estrutura interna dos edifícios, verificando-se a aceleração do processo de deterioração, devido à diminuição da resistência contra a ação do meio ambiente.

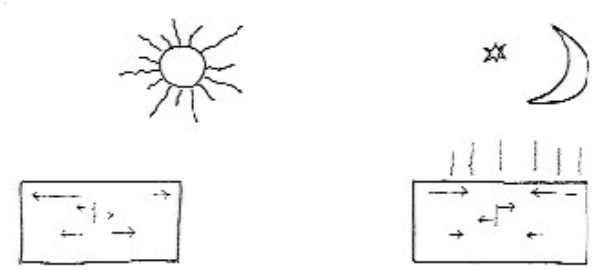
Várias são as causas de tensões localizadas que podem ocorrer:

- **Carga -** As estruturas autônomas de pedra (colunas, pilares, vigas, etc.) recebem maiores ou menores tensões solicitantes, conforme as funções estruturais a que cada um desses elementos está sujeito. Ao se deformarem, surgem, na estrutura interna da rocha, microscópicas fissuras que aceleram o processo de deterioração da pedra.



Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation; Giorgio Torraca

- **Expansão térmica** - Toda edificação está sujeita a variações diárias e sazonais de temperatura. Tais variações térmicas são importantes fontes de estresse estrutural provocado pela cíclica expansão e contração térmica dos materiais.
As forças de dilatação e contração térmica agem, mesmo em um material rígido e homogêneo como a pedra, de forma não uniforme. A superfície externa da pedra está mais exposta às variações térmicas do meio ambiente do que a sua estrutura interna, pois a exposição solar, as chuvas, as geadas, etc. agem mais diretamente na superfície. O ciclo de variação de temperatura causa tensões diferenciadas e conseqüentes estresses estruturais.



Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation; Giorgio Torraca

- **Expansão devido à umidade** – Em pedras que contêm argilas, como alguns arenitos, a expansão por absorção de água e a contração provocada pela sua liberação podem causar importante estresse, principalmente entre a superfície da pedra e sua parte interna, quando a superfície está molhada.

5.2.2- ESTRESSES INTERNOS

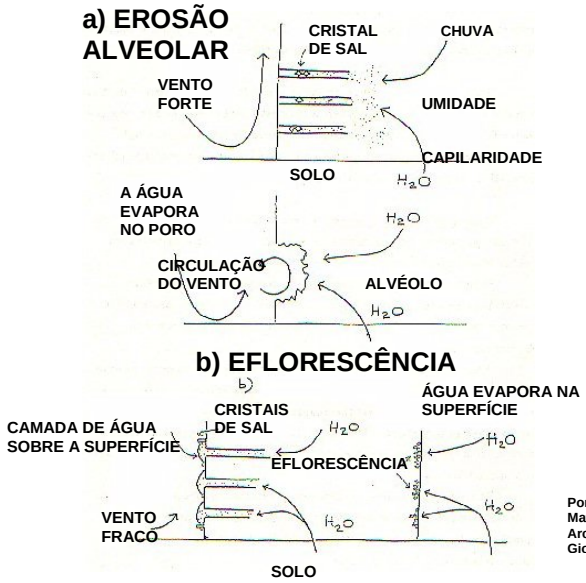
Os estresses internos podem ocorrer dentro dos materiais porosos por diversas causas:

- **Congelamento (clima glacial e temperado)** – Consiste na formação de cristais de gelo dentro dos poros da pedra. É o congelamento das moléculas de água, que, ao passarem do estado líquido para o sólido, se expandem dentro dos poros da pedra, causando esforços internos na sua estrutura e conseqüente estresse estrutural.

- **Cristalização de sais** – No Brasil, é um dos maiores fatores de degradação dos materiais porosos. Os sais solúveis se instalam nos poros da pedra, cristalizam-se pelo processo de evaporação e passam do estado líquido para o sólido, expandindo-se internamente dentro dos poros e causando tensões internas. Devido aos diversos fatores causadores de umidade, os sais solúveis formam um ciclo de liquefação e solidificação contínua, provocando estresses indesejáveis na estrutura interna da pedra.

Sabe-se também que, quanto maior a concentração de poros de menores dimensões, maiores são os estresses causados por esse processo.

- **Erosão alveolar** – Tipo de deterioração causada pela rápida cristalização de sais solúveis, principalmente na superfície da pedra, sujeita à ação de ventos e temperaturas mais elevadas que aceleram o processo de evaporação da umidade e provocam a conseqüente cristalização de sais. Superficialmente aparecem pequenos alvéolos, acelerando a desagregação superficial da cantaria.



Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation; Giorgio Torraca



Base do Cruzeiro da Igreja de Nossa Senhora dos Prazeres – Jaboatão dos Guararapes/PE:

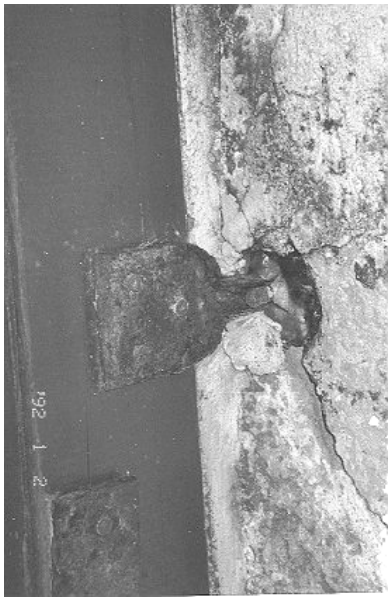
Foto: Frederico Almeida

- **Eflorescência** – Trata-se de uma grande concentração de sais solúveis cristalizados na superfície dos materiais porosos. A eflorescência de sais acontece fora dos poros do material, por isso mesmo o grau de deterioração é menor. No entanto a eflorescência é um forte indicador de contaminação interna da pedra por sais solúveis, sabidamente causadores de estresses no interior da pedra.



Figura – Catálogo do Sistema de Saneamento Bayosan

- **Corrosão de grampos de ferro** – Os metais ferrosos, quando oxidados, aumentam de volume. Se estiverem cravados na pedra, fatalmente causarão fissuras ou fraturas na cantaria. Inicialmente, o aumento do volume da peça metálica provoca minúsculas fissuras internas na pedra, favorecendo a passagem de água e a conseqüente aceleração do processo corrosivo.



Porta interna da Igreja de Nossa Senhora dos Remédios de Fernando de Noronha/PE

Foto: Frederico Almeida

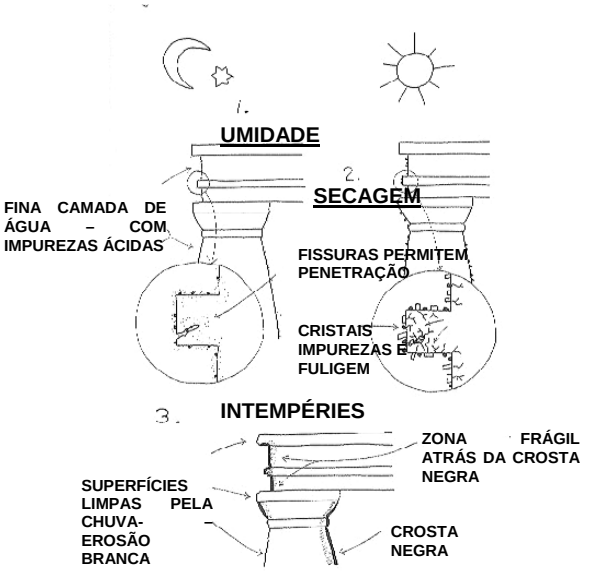
5.2.3 - AGENTES FÍSICOS EXTERNOS - As reações químicas sempre ocorrem na presença de água, portanto a corrosão química somente é possível quando os materiais estão úmidos.

- **Capilaridade -** é um processo de sucção de água que alimenta a umidade das paredes de uma construção ou de uma cantaria. Juntamente com a umidade, vêm os sais solúveis, tão danosos, precipitando reações químicas desfavoráveis à conservação dos materiais porosos. Quanto menores os poros de um tipo de rocha, maior é a capacidade de sucção de água.



Figura – fonte: catálogos comerciais

- **Condensação -** é outro processo de alimentação de água (umidade) sobre a superfície de um material. A água suspensa no ar, em seu estado gasoso, entra em contato com a superfície da pedra, resfriando-a . Com esse resfriamento, a água passa para o estado líquido e é depositada na superfície da pedra, que a absorve. As impurezas, também depositadas na superfície da pedra, reagem quimicamente com a água e aceleram os processos de corrosão.



Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation; Giorgio Torraca

- **Ataque da chuva -** é prejudicial à cantaria porque o ar contém dióxido de carbono, que, dissolvido em água, forma ácido carbônico. Nessas condições, os calcários, as argamassas, a cal, e os mármores podem ser transformados e gradativamente dissolvidos. Nos arenitos, por serem mais porosos, a penetração de água é mais profunda.



Corrosão em Pedra Lioz – Teatro Apolo – Recife/PE

Foto: Frederico Almeida

- **Poluição atmosférica**

Os monumentos que estão inseridos nos grandes centros urbanos e industriais estão mais expostos à ação da poluição atmosférica. O ar poluído geralmente contém grandes concentrações de dióxido de enxofre (SO_2), que, na presença da água e do oxigênio do ar, transforma-se em ácido sulfúrico (H_2SO_4), forte o bastante para causar a deterioração de vários materiais mineralógicos. A cantaria recebe os depósitos de poluentes atmosféricos que vão se acumulando na superfície, escurecendo-a. Quando há uma grande concentração desses depósitos, forma-se uma camada de poluentes e fuligem que é chamada de "crosta negra".



Depósitos escuros – Fachada da Igreja da Ordem Terceira do Carmo-Recife/PE

Foto: Frederico Almeida

5.2.3- ATAQUE BIOLÓGICO

- Bactérias e fungos - Várias bactérias e fungos captam energia para sua sobrevivência através de reações químicas. Como resultado, aparecem formações de ácidos que podem corroer os materiais de construção e até mesmo a pedra.

- **Algas -** Freqüentemente ocorrem ataques de algas nas superfícies de materiais de construção, principalmente em climas quentes e úmidos. Geralmente, o ataque é apenas superficial, sendo mais danoso em pinturas e superfícies de cantaria.

- **Liquens-** São formados pela associação de fungos e algas. Desenvolvem-se sobre as superfícies externas da cantaria. Alguns liquens têm poder de penetração pela produção de ácidos orgânicos, outros têm menor penetração. Os danos causados pelos liquens geralmente se iniciam superficialmente, desfigurando lentamente as superfícies decorativas.

- **Plantas** – De pequeno, médio e grande porte, podem causar ruturas e destruição de alvenarias de pedra, cantarias e até mesmo de edificações. A planta se desenvolve ao penetrar na alvenaria: as raízes e o caule se expandem, aumentando de volume e causando a conseqüente destruição dos materiais ali presentes.



Sacadas de Olinda/PE

Foto: Frederico Almeida

5.3- RECONHECIMENTO DE PATOLOGIAS

- **Alteração cromática -** Trata-se de reação que se manifesta superficialmente, provocando escurecimento ou clareamento e chegando até a modificar a cor original da pedra.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- **Alveolização -** Degradação que se manifesta com a formação de cavidades de dimensões variadas na superfície.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- Crosta Negra Depósito de impurezas ambientais, formando grossa camada escura que reage com a pedra, levando à sua degradação.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- Degradação diferenciada - Degradação profunda devido à heterogeneidade do material estrutural, modificando sua textura original.

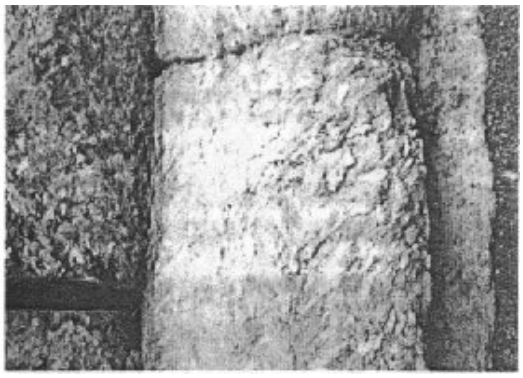


Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico



Portada em Pedra Lioz do Teatro Apolo – Recife/PE Foto: Frederico Almeida

- **Desagregação** - Perda da coesão do material lapidado.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- **Esfoliação** - Degradação que se manifesta com o destacamento espesso de uma ou mais camadas do substrato superficial.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- **Fissura** - Descontinuidade do material, com abertura de fendas.

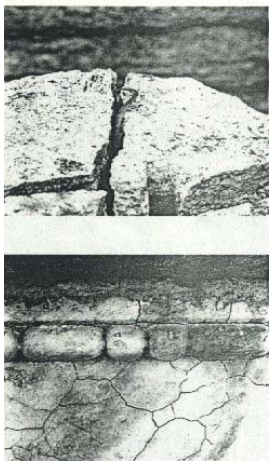


Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- **Perdas –** Formação de uma lacuna na cantaria por perda de material.



Figura – Fonte: Normal – 1/88 – Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei: Lessico

- **Pitting –** Degradação puntiforme que se manifesta pelo aparecimento de numerosos orifícios de pequeno diâmetro.

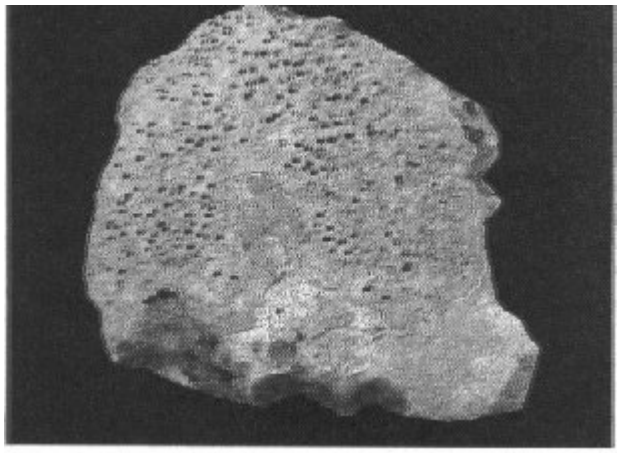


Figura – Fonte: Biology in the Conservation of Works of Art-

Giulia Caneva; Maria Pia Nugari and Ornella Salvatori

- **Presença de vegetação -** Superfície impregnada de musgo, lodo ou plantas.

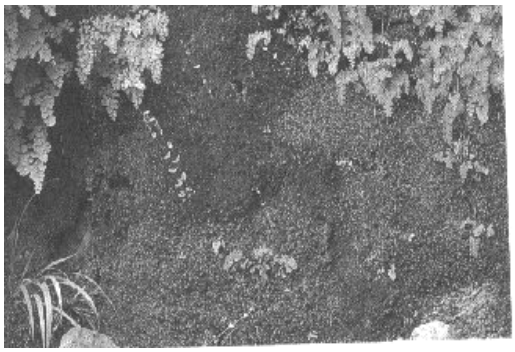
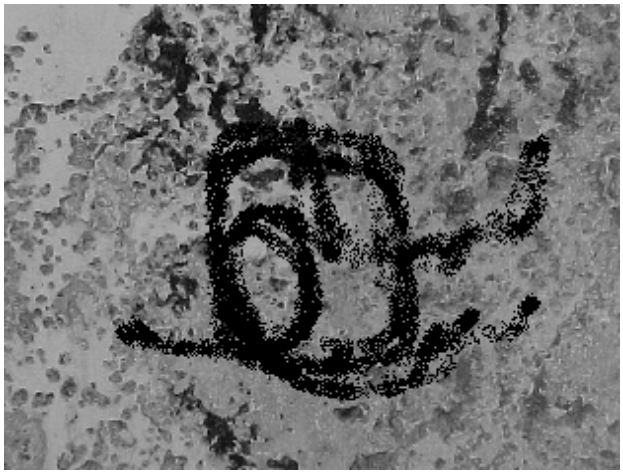


Figura – Fonte: Biology in the Conservation of Works of Art-

Giulia Caneva; Maria Pia Nugari and Ornella Salvatori

- **Grafitismo** - Camada de tinta sobre a superfície da cantaria por vandalismo ou intervenção inadequada.



Grafitagem na Cantaria do Teatro Apolo Recife/PE

Foto: Frederico Almeida

6- MÉTODOS DE TRATAMENTO

As principais operações de tratamento inerentes à conservação da cantaria são **limpeza**, **reconstituição**, **consolidação** e **proteção**. Nem sempre é necessário executar todas as etapas. O estado de conservação da cantaria definirá quais os tratamentos necessários, devendo-se levantar e diagnosticar as patologias.

A escolha de materiais e métodos a serem usados deverá ser baseada em testes apropriados. No caso do uso de produtos químicos, deve-se estar consciente de todas as características físico-químicas do produto e seus efeitos na cantaria.

Os profissionais envolvidos no trabalho devem ter comprovadamente capacitação técnica tanto para a execução dos serviços de conservação como para a perfeita utilização dos produtos e equipamentos necessários às intervenções determinadas.

6.1- LIMPEZA DE CANTARIAS

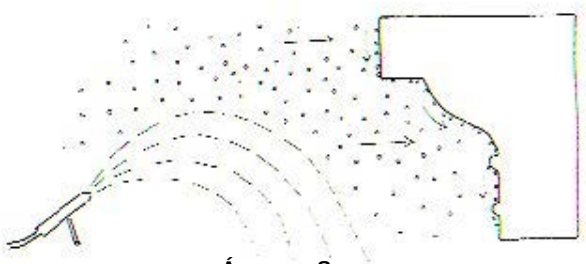
O objetivo da limpeza de cantarias em um monumento histórico é remover todas as substâncias que efetivamente causam o processo de deterioração da pedra ou contribuem para isso - sais solúveis, incrustações insolúveis, más intervenções feitas anteriormente, infestação de vegetação, dejetos de animais -, respeitando-se a textura e a cor originais.
Os problemas técnicos dos processos de limpeza de cantarias devem ser considerados, pois requerem ações químicas e mecânicas que podem pôr em risco a superfície da cantaria.
A escolha do método a ser usado dependerá da natureza das substâncias a serem removidas e do tipo de superfície a ser limpa.

Os métodos a serem utilizados devem ser controlados de modo a possibilitar sua paralisação caso se faça necessário. A eficiência do método deve ser constantemente avaliada através de testes prévios, que determinarão os produtos e métodos a serem usados; é necessária, portanto, a prévia aprovação da equipe de fiscalização.
As operações de limpeza somente deverão ser efetuadas em superfícies compactas, onde inexistem processos de deterioração que danificaram ou destruíram a coesão das partículas formadoras do material de pedra.

6.1.1- MÉTODOS DE LIMPEZA DE CANTARIAS

6.1.1.1- LIMPEZA COM ÁGUA

- **Água vaporizada** – Consiste na aplicação de uma névoa fina de água (vaporização) em temperatura ambiente, em toda a superfície da cantaria. O jato não deve ser direcionado diretamente para a superfície, e a distância efetiva entre o vaporizador e a superfície deve ser ajustada cuidadosamente de forma a não acarretar efeitos mecânicos.



Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation; Giorgio Torraca

Água em Spray



Limpeza através de Vapor d'água
Foto: Frederico Almeida

OBS: Também poderá ser utilizado equipamento de vapor d'água a temperatura controlada. Aplicado sobre a pedra, poderá remover toda a sujidade superficial, evitando a absorção demasiada de água pela pedra.

- **Jateamento de água a baixa pressão** - Trata-se da aplicação de jato de água, com a utilização de equipamento de jateamento que permita o controle da pressão (máx 2,5 – 3 atm.). Como no caso anterior, o jato não deve ser direcionado diretamente para a cantaria, de modo a não causar efeitos mecânicos na superfície da pedra (remoções de rejuntos e desgastes localizados).

Obs: Os métodos de limpeza anteriormente descritos podem eventualmente ser complementados com escovas de náilon, porém o uso é inadequado em superfícies de pedra muito porosa.

6.1.1.2- LIMPEZA QUÍMICA

- **Pastas aquosas** – O método tem dupla vantagem: prolonga o tempo de contato entre a superfície a ser limpa, enquanto diminui a penetração das soluções na superfície da pedra. Os produtos utilizados como pastas são argilas absorventes (sepiolita ou betonita), polpa de papel, polpa de algodão, sílica gel, etc., que servem de suporte para a aplicação de soluções químicas previamente testadas. Carbonatos e bicarbonatos de amônia diluídos em água podem ser usados como soluções a serem testadas, se os métodos de jateamento e pulverização de água já descritos não conseguirem remover todos os depósitos de sujeira da superfície. Resistindo ainda a sujidade, pode-se reforçar a solução com o sal EDTA dissolvido na solução em menores proporções.
O tempo de aplicação desses produtos deve também ser determinado pela análise “in situ” ou em laboratório.
Testes prévios de aplicação devem ser realizados, anotando-se a solução a ser aplicada bem como o tempo de aplicação. Efetuados os testes, verifica-se o efeito alcançado e determina-se o método a ser utilizado em toda a área a ser limpa.



Limpeza de Cantaria - Suporte Lama Betonita – Fachada da Igreja de N. Sra. da Ordem Terceira do Carmo do Recife – PE

Foto: Frederico Almeida



Limpeza Química de Cantaria - bicarbonato + EDTA – Suporte Polpa de Papel.
Portada do Teatro Apolo – Recife/PE

Foto: Frederico Almeida

6.1.1.3- LIMPEZA MECÂNICA

É o uso de métodos abrasivos. Devem ser aplicados em superfícies que ainda se mantêm coesas, ou seja, não há desagregação superficial da cantaria. As áreas onde deverão ser aplicados esses métodos devem ser limitadas apenas aos locais em que os anteriores não deram resultado. Os equipamentos muito abrasivos estão descartados, pois seu emprego não permite o controle efetivo do nível de limpeza desejado, desgastando áreas de cantaria de forma mais agressiva e profunda, envolvendo grandes perdas de pedra.

- **Microjateamento de areia -** Consiste na remoção das camadas de sujidade através de equipamento apropriado, que provoca jatos de micropartículas (microesferas de vidro, pó de mármore, gesso, pó de quartzo, etc.) a pressão e quantidade controladas e é aplicado nas superfícies de pedra. Pode remover sujidades mais resistentes como tintas, crosta negra e manchas. Exige importação do equipamento, mas a sua alta eficiência poderá diminuir os custos de aplicação.

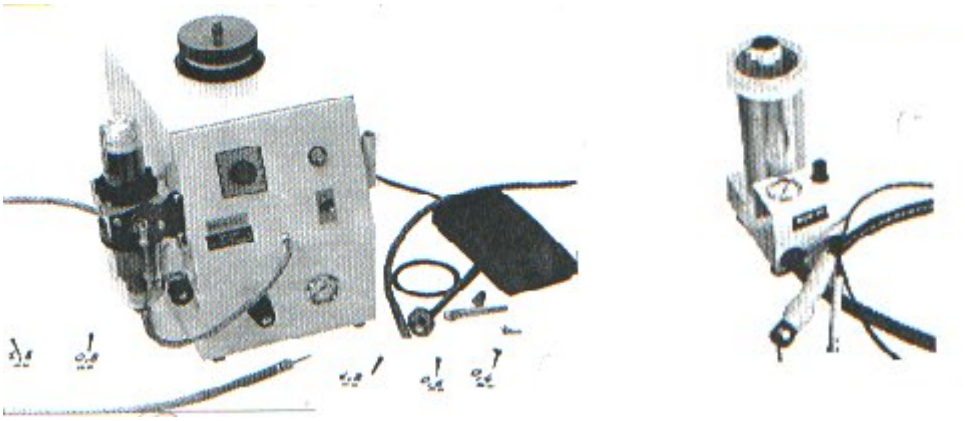


Figura – fonte Catálogos Comerciais

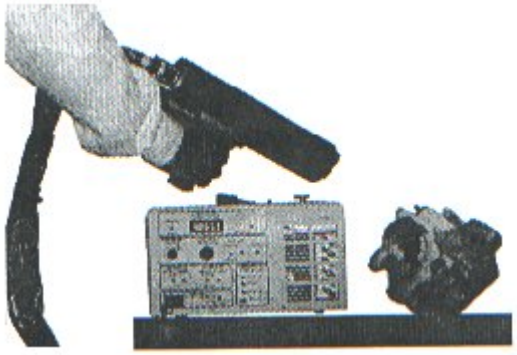
- **Microabrasador (brocas dentárias) –** método de limpeza abrasiva limitado, para uso somente em pequenas áreas. Sua utilização em áreas maiores é inviabilizada pelo tempo gasto na remoção, tornando-o impraticável.



Figura – fonte Catálogos Comerciais

Limpeza com bisturi - Método que exige muita habilidade e paciência do operador, pois, à semelhança do anteriormente descrito, seu uso em cantaria é limitado devido à demora e às dimensões das áreas a serem limpas.

- **Limpeza a Laser** – método que exige equipamentos de limpeza próprios. Através de uma pistola a laser, que emite jatos de raios laser diretamente sobre

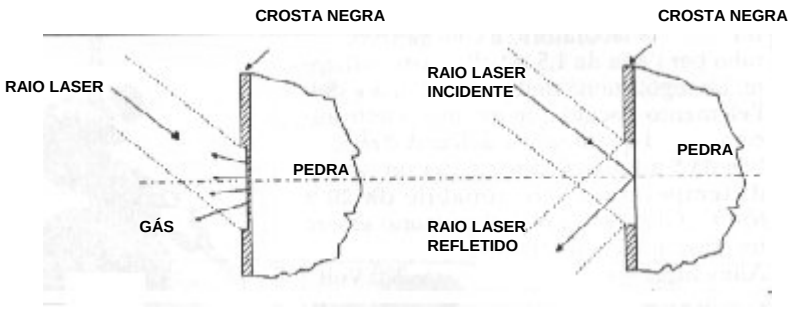


Catálogos Comerciais

a cantaria, remove-se principalmente aquela sujidade que não foi tirada pelos métodos anteriores. Um grande impedimento para seu uso é tanto o alto custo do equipamento como o da sua importação.



Figura – fonte Catálogos Comerciais

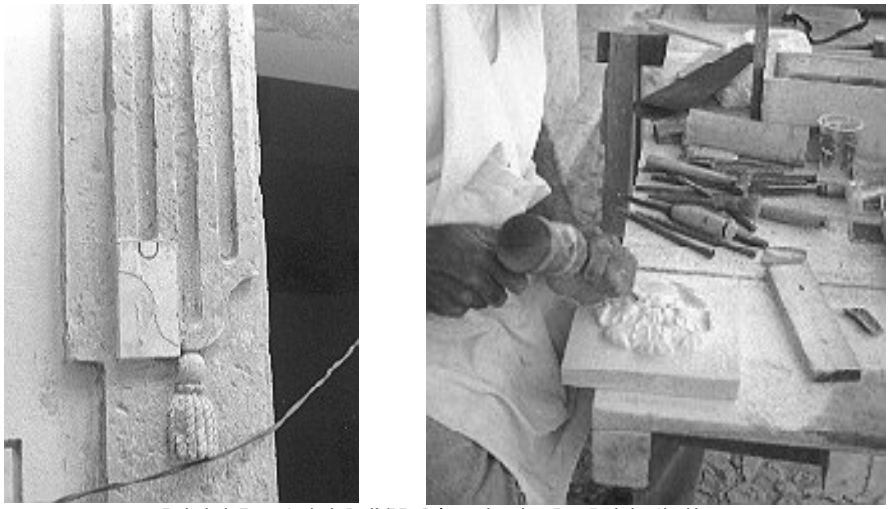


OBS: A limpeza de grandes áreas de superfície de cantaria poderá ser feita pelo método das “tentativas progressivas”, que consiste em aplicar os métodos de limpeza já descritos, aumentando os diversos graus de aplicação até se obter o nível de limpeza desejado. Esse método é limitado pelas características físico-químicas e ambientais do meio onde está inserida a superfície de pedra a ser limpa, bem como pelas condições de sujidade e de degradação da cantaria.

6.2- RECONSTITUIÇÃO DE CANTARIAS

6.2.1- COM PRÓTESES

Consiste na reconstituição das perdas ocorridas na cantaria, através da aplicação de próteses de pedra com as mesmas características físicas da original. A escolha das próteses de pedra a serem aplicadas requer um apurado dom artístico, pois somente técnicos-escultores são capazes de confeccionar determinados tipos de prótese, principalmente aquelas que exigem complementação de ornatos, cimalhas, cartelas de pedra. Na escolha da pedra a ser aplicada como complemento da lacuna, é preciso considerar também a cor e a textura, que deverão ser o mais semelhantes possível da cantaria a ser reconstituída.

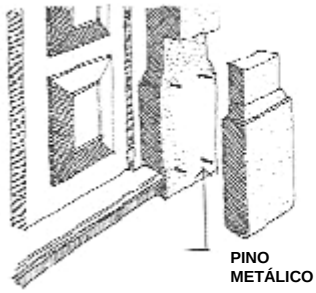


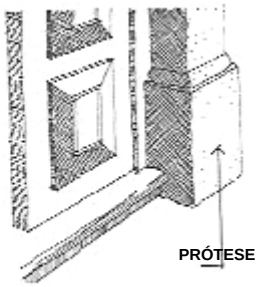
Fachada do Teatro Apolo do Recife/PE – Próteses de pedra – Foto: Frederico Almeida.

A aplicação de próteses de menores dimensões pode ser feita apenas com o auxílio de colas ou resinas. Os pequenos pedaços regulares da pedra escolhida são cortados e colados nos locais determinados, para possibilitar o perfeito encaixe da nova prótese.
As colas e resinas que se podem aplicar devem ter os seguintes requisitos: boa adesão, durabilidade, baixa retração, elasticidade e rigidez. Epóxis, resinas poliéster, poliuretano e acrílica são colas que têm melhores propriedades adesivas e mecânicas. As juntas também devem ser reconstituídas, pois as emendas dessas pequenas próteses não poderão se tornar aparentes, sob pena de prejudicar a leitura da cantaria. São disfarçadas através de resinas devidamente entonadas para se ter uma perfeita integração com o material original.

Quando se empregam próteses de maiores dimensões, necessária se faz a aplicação de reforços com pinos metálicos (aço inox ou latão). A prótese a ser aplicada deverá ser perfurada de forma que os pinos metálicos, cravados na

cantaria, se adaptem aos furos a serem executados. Colas epóxicas são as mais indicadas para garantir a estabilidade dessas peças de pedra, mas pode-se também, em determinados casos, utilizar as resinas poliéster.





Figuras – Fonte – Manual do Morador de Olinda – Eliane Azevedo e Silva et alii

6.2.2- COM ARGAMASSAS

As argamassas para reconstituição das cantarias são atualmente usadas no preenchimento de fissuras. São usualmente confeccionadas com cal hidráulica como aglomerante. O agregante a ser escolhido dependerá das características granulométricas do material a ser reconstituído. A aplicação de fungicidas e filtros de UV deverá ser apropriadamente utilizada. A adição de pigmentos inorgânicos e quimicamente estáveis, tais como terra ou óxidos metálicos, é permitida. O uso das argamassas com o tradicional cimento deve ser evitado, pois ele pode ocasionar a formação de sais solúveis, danosos à pedra.

6.2.3- COM POLÍMEROS

A reconstituição da cantaria através de polímeros deverá ser efetuada superficialmente através da utilização de pastas feitas “in situ”, tomando-se como base as características da pedra a ser recomposta. Deve-se ter o cuidado de não deixar a superfície da cantaria com aparência artificial, e especial atenção deverá ser tomada para que as intervenções se limitem apenas às áreas de lacuna que realmente comprometam a leitura da superfície lapidada. As resinas poliéster, epóxicas e acrílicas são as mais utilizadas atualmente. Os agregantes das pastas serão definidos conforme as características da pedra a ser reconstituída, de modo a possibilitar a perfeita integração da cor e da textura originais.



Reintegração superficial com polímeros – Facha do Teatro Apolo Recife.

Foto: Frederico Almeida

Nos trabalhos com altos índices de exposição à luz, deverá ser prevista a adição de produtos filtrantes de raios UV. Cada tipo de resina tem o apropriado filtro UV e deve aditivar as pastas na proporção entre 1% a 2%. Devem-se efetuar testes prévios para determinar o percentual adequado dos produtos filtrantes, pois tem-se verificado que a alta concentração deles modifica a cor da pasta, dificultando a integração cromática.

Na utilização de pastas como colas e adesivos, deve-se ter o mesmo cuidado que com as pastas reconstituidoras.

Os agregantes utilizados são talco, dióxido de zinco, pó de mámore, microesferas de vidro ou outros materiais inertes. Devem-se misturar às pastas pigmentos naturais a fim de se obter a tonalidade desejada para uma boa reintegração.



Reintegração superficial com polímeros – Fachadas do Teatro Apolo Recife. Foto: Frederico Almeida

6.3- CONSOLIDAÇÃO DE CANTARIAS

Entende-se por tratamento de consolidação a impregnação de produtos que penetram na pedra, melhorando e aumentando a coesão do material alterado em seu substrato, resultando na melhor resistência aos processos de deterioração.
A consolidação da pedra pode ser executada com produtos inorgânicos e orgânicos (polímeros). Cada uma das categorias tem suas vantagens e desvantagens: os inorgânicos são menos elásticos e mais duráveis; os orgânicos são, em geral, mais elásticos e têm melhor propriedade de adesão.
Os produtos consolidantes devem ter algumas propriedades fundamentais:

- não devem formar subprodutos deteriorantes;
- devem ser absorvidos uniformente pela pedra;
- terão a profundidade de penetração controlada, dependendo das características da pedra e do grau de fluidez do consolidante;
- devem ter o coeficiente de dilatação térmica próximo do da pedra a ser consolidada;
- se são produtos repelentes à água, não devem tornar a pedra totalmente impermeável;
- devem manter a aparência externa da pedra.

A impregnação dos consolidantes é feita por diversos métodos, desde a aplicação com pincéis e escovas até a pulverização. As peças de menor porte podem ser impregnadas a vácuo, dentro de autoclaves específicas. Testes laboratoriais devem ser previamente feitos para escolher o melhor método de impregnação e determinar a sua profundidade. Existem vários consolidantes, cada um deles indicado para ser usado em determinado tipo de pedra. Por exemplo:

CONSOLIDANTES	TIPO DE ROCHA
Silicato de Etila	**Usado em consolidação de arenitos, cerâmicas.**
Alquil-alcoxisilano	**Usado em consolidação de arenitos, cerâmicas.**
Mistura de silicato de etila + Alquil-alcoxisilano	**Usada em consolidação de arenitos, cerâmicas.**
Alquil-aril-polisiloxano	**Usado em alvenarias, arenitos, mármores, calcários.**
Resina acrílica	**Usada em consolidação de mármores e calcários compactos.**
Mistura de resina acrílica e silicone	**Usada em mármores, calcários e arenitos.**

Também como consolidante inorgânico há o hidróxido de bário ou hidróxido de cálcio, que pode ser usado em pedras calcárias se as descontinuidades dos vazios não superarem 50 – 100∝m.

6.4- PROTEÇÃO DE CANTARIAS

A proteção de cantarias pode ser feita através do uso de produtos químicos ou de uma efetiva ação externa para eliminar as fontes de degradação da pedra.

6.4.1- PROTEÇÃO SUPERFICIAL

A proteção superficial de cantarias é um procedimento recomendado toda vez que o fator de alteração da pedra agir principalmente na superfície externa do material: poluição, condensação de umidade química e mecânica, ação da chuva. A proteção superficial não é aconselhável no caso de penetração da água na pedra por capilaridade.

As principais propriedades dos produtos a serem utilizados como protetores são:
- inércia dos produtos utilizados;
- não formação de subprodutos degradadores da pedra;
- boa estabilidade química;
- boa estabilidade contra os raios UV;
- boa permeabilidade de vapores de água;
- mínima influência nas propriedades óticas e cromáticas da superfície da pedra.

São produtos recomendados como protetores:

AGENTES PROTETORES	TIPO DE ROCHA
Resinas acrílicas	**Mármores, materiais de baixa porosidade.**
Misturas de resinas acrílicas e silicones	**Todos os materiais.**
Alquil-aril-polisiloxano	**Todos os materiais.**

Para estabelecer uma proteção contra as modificações cromáticas, deve-se aditivar a solução a ser empregada com produtos filtrantes de raios UV. Existem produtos de filtro UV específicos para cada uma das soluções empregadas. Especial cuidado deverá ser tomado na escolha desses produtos. A proporção do uso deles deve ser controlada, pois verifica-se que seu emprego indiscriminado reage negativamente, modificando as cores iniciais.

6.4.2- PROTEÇÃO CONTRA UMIDADE

Como a água é o maior agente de destruição da pedra, deve-se pensar na eliminação das fontes de umidade que porventura poderão atacar as superfícies da pedra.
Existem vários métodos de combate à umidade em edifícios históricos, que poderão ajudar na proteção das cantarias :

- **Barreira física** – consiste em criar uma barreira física nas paredes de um edifício, de modo a eliminar a possibilidade de ascensão de umidade por capilaridade. É utilizado em casos graves de problemas de contaminação com sais solúveis por capilaridade. Consiste no corte da alvenaria e na aplicação de resinas poliéster, formando barreiras físicas ao longo da alvenaria. Para isso, deve-se cortar a alvenaria através de equipamento específico, de modo a garantir a estabilidade e possibilitar a aplicação de produto impermeável que formará a barreira física.

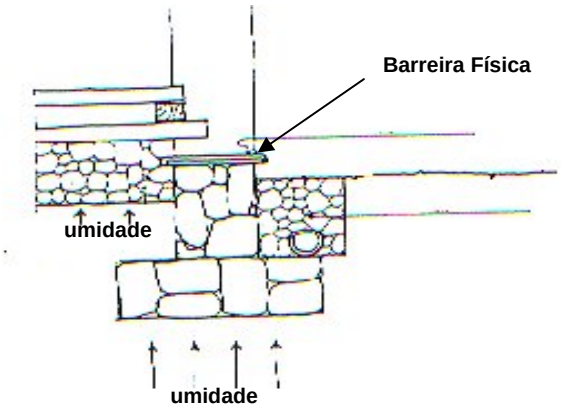
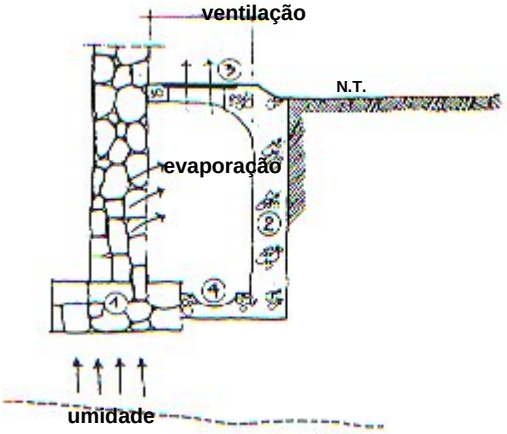


Figura – Fonte – Manual de Conservação Preventiva para Edificações – Grupo Tarefa/ Programa Monumenta/BID

- **Controle climático interno** - consiste em controlar os agentes do ambiente interno onde está inserida a escultura de pedra, evitando, assim, problemas com condensação e poluentes do ar.

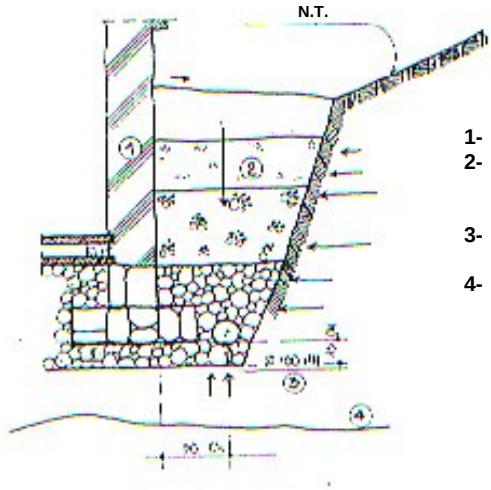
- **Vala de ventilação** – consiste em criar uma vala em torno da fundação, permitindo a evaporação da umidade antes da sua chegada às paredes do edifício. Esse procedimento diminuirá a quantidade de água absorvida pela parede, reduzindo, conseqüentemente, os danos ocasionados pela umidade.



1- ALVENARIA ANTIGA
2- PAREDE DA VALA EM CONCRETO ARMADO
3- CALHA
4- GRELHA

Figura – Fonte – Manual de Conservação Preventiva para Edificações – Grupo Tarefa/ Programa Monumenta/BID

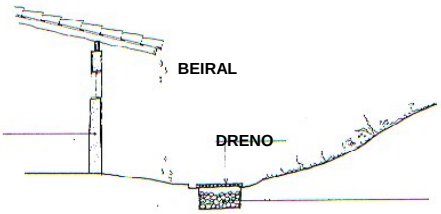
- **Vala de ventilação com enchimento** – consiste em afastar o terreno das fundações, criando-se uma vala com enchimento de material drenante, de modo a afastar a umidade das paredes do edifício.



1- **ALVENARIA ÚMIDA**
2- **ENCHIMENTO COM GRANULOMETRIA DIFERENCIADA**
3- **TUBULAÇÃO POROSA PARA ESCOAMENTO**
4- **LENÇOL D'ÁGUA EXISTENTE**

Figura – Fonte – Manual de Conservação Preventiva para Edificações – Grupo Tarefa/ Programa Monumenta/BID

- **Proteções diversas** – a simples aplicação de elementos protetores contra umidade em uma edificação representa uma ação de proteção. Beirais, drenos e calhas são disciplinadores de queda d'água que sempre ajudarão a afastar a ação da umidade das superfícies de cantaria.



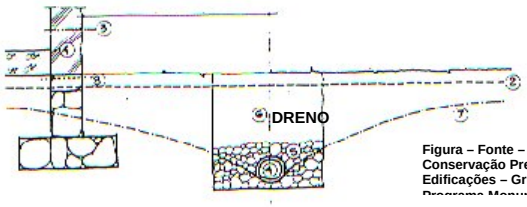


Figura – Fonte – Manual de Conservação Preventiva para Edificações – Grupo Tarefa/ Programa Monumenta/BID

Além das ações mencionadas, qualquer procedimento que evite ou afaste a presença de água na edificação pode ser considerado uma ação de proteção: um simples conserto de tubulação de água, a aplicação de calhas, drenos , impermeabilizantes e quaisquer protetores de infiltração de água são, sem dúvida, considerados proteção contra a umidade.

Trabalhos de conservação têm geralmente vida útil limitada, portanto deverão ser realizadas inspeções e manutenções periódicas de todo o sistema de proteção executado.

Falhas do sistema de proteção (proteção superficial, telhados, drenos, etc.), se detectadas a tempo, poderão ser reparadas antes que uma agressão maior se desenvolva na pedra.

Operações de manutenção são necessárias para evitar a realização de trabalhos de restauração posterior, longos e mais caros.

GLOSSÁRIO

Abrasivo Que, ou o que produz abrasão (desgastamento; esfoladura; escoriação).

Adesão Ato de aderir (unir; colar; grudar).

Aduela Pedra talhada que compõe os arcos ou abóbadas.

Alga Família de plantas da classe das criptogânicas, que vivem no fundo ou na superfície de águas salgadas ou doces.

Amarrado(a) Preso com amarra.

Arrecife Recife; rochedo ou série de rochedos situados próximos à costa ou a ela diretamente ligados, submersos ou à pequena altura do nível do mar.

Arremate Acabamento, conclusão; remate.

Axialmente Relativamente a eixo.

Bactéria Microorganismo unicelular , que se reproduz por cissiparidade.

Balanço Saliência ou corpo avançado do edifício, em relação às prumadas das colunas, pilastras, paredes, etc., de sustentação ; avançamento.

Balcão Sacada , geralmente com baláustre, em fachadas de pisos superiores das construções, à qual se tem acesso por uma janela rasgada por inteiro (aquela que se abre até o nível do pavimento dando frente para uma sacada ou um guarda- corpo).

Base Parte inferior de coluna, pilar, etc. Suporte de figura esculpida;pedestal.

Benfeitoria Obra útil realizada em propriedade, e que valoriza a obra feita em coisas móveis ou imóveis com o fim de as conservar, melhorar ou embelezar.

Bicarbonato de amônia Qualquer sal ácido do ácido carbônico+solução aquosa de amoníaco, incolor, básica, com odor característico, utilizada em diversos e importantes setores.

Bocel Parte do piso de um degrau que se projeta cerca de três centímetros além da face do espelho.

Capitel Remate de coluna, sua parte superior; geralmente é esculpido.

Carbonato de amônia Qualquer sal ácido do ácido carbônico+amônia.

Cartela Superfície lisa num piso ou num pedestal, destinada, por via de regra, a receber uma inscrição.

Cercadura Moldura de portas ou janelas, pode ser de pedra, madeira ou massa.Tudo que guarnece ou orna o contorno de algum objeto; orla.

Cíclico(a) Que se realiza ou se repete numa certa ordem.

Cimalha Elemento formado por diferentes molduras, colocado na parte superior, que termina, coroa ou remata uma fachada, um elemento construtivo ou uma edificação. Moldura usada para concordar o plano do teto com os das partes internas.

Coeficiente de Poisson Coeficiente que avalia a rigidez do material na direção perpendicular à direção de aplicação dos esforços de tração.

Concha Qualquer objeto ou utensílio de feitio análogo ao da concha.

Consolidante Que consolida (torna sólido, seguro, estável).

Contração Ato ou efeito de contrair-se; encolhimento, diminuição, encurtamento.

Corrosão Ação ou efeito de corroer-se. Desgaste ou modificação química ou eletro-química espontânea de agentes do meio ambiente.

Cristalização Passagem de uma substância dum estado amorfo (líquido ou gás) para o estado cristalino, ou de uma solução para este estado. Aglomerado de cristais.

Cunha Peça de ferro ou de madeira , em forma de diedro sólido, bastante agudo, que se introduz em uma brecha, para fender pedras,madeiras,etc., para servir de calço, e para firmar ou ajustar certas coisas.

Cunhal Ângulo externo e saliente, formado por duas paredes convergentes, podendo ser de madeira, pedra ou massa .

Demarcar Marcar os limites de; extremar; delimitar.

Desfigurar Alterar a figura ou o aspecto de; adulterar.

Diagonal Oblíquo. Num polígono, segmento de reta que une um vértice a outro não consecutivo.

Dilatação Aumento de dimensões. Aumento de volume. Alargamento , ampliação.

Dureza Qualidade ou estado de duro; rijeza. Resistência que o mineral oferece ao esforço exercido à sua superfície com o fim de riscar.

Módulo de elasticidade Módulo de elasticidade ou de Young "E" é uma constante de proporcionalidade que caracteriza cada material.

Embasamento Base de um edifício ou de uma construção. Base, ordinariamente simples, larga e sem ornatos, que sustenta pedestais de colunas ou de estátuas.

Engastado Embutido; encravado; encaixado.

Entremeado Intermedido;intercalado;interposto.

Enxurrada Volume de água que corre com grande força.

Erosão Ato de corroer pouco a pouco. Trabalho mecânico de desgaste realizado pelas águas correntes, e que também pode ser feito pelo vento (erosão eólica), pelo movimento das geleiras e ainda pelos mares.

Escultura Litúrgica Escultura que tem finalidade litúrgica: lavabos, pia batismal, pia de água benta, etc.

Esquadrejamento Ato ou efeito de esquadrejar (serrar ou cortar em esquadria)

Estabilidade Propriedade geral dos sistemas mecânicos, elétricos e aerodinâmicos, pela qual o sistema retorna ao estado de equilíbrio após sofrer uma perturbação.

Expansão Ato de expandir-se, alargar-se, dilatar-se, ampliar-se.

Fibra vegetal Qualquer fibra de origem vegetal.

Fluorssilicato Qualquer sal do ácido fluossilícico (líquido incolor, fumegante, solúvel em água, venenoso, corrosivo) . Fórm. [H2SiF6].

Frontão Espécie de empena que serve para coroar a parte central do frontispício (fachada principal; frontaria) da igreja, quase sempre trabalhada e encimada ao meio por uma cruz.

Funcionalidade Qualidade daquilo que atende à função, ao fim prático.

Fungicida Diz-se de, ou substância empregada no combate aos fungos.

Fungo(s) Organismos vegetais, dos quais fazem parte o cogumelo, os bolores e as orelhas-de-pau.

Fuste Parte principal da coluna, entre o capitel e a base.

Granulometria Proporção relativa com que partículas de diferentes dimensões entram na composição de um solo ou de um agregado.

Golfinho Figura da armaria que representa este animal.

Impregnação Ato ou efeito de impregnar-se (infiltrar-se em; penetrar-se em).

Incrustação Ato ou efeito de encrustar-se. Depósito de matéria sólida , inicialmente em solução, sobre qualquer matriz.

Infestação Ato ou efeito de infestar (percorrer devastando; assolar; invadir; causar grandes estragos, sérios danos a).

Intercalado(a) Entremeado; interposto.

Junta solta Forma de assentamento de pisos em placas de forma que os rejuntes estejam alinhados.

Lacuna Falha; falta; cavidade.

Lapidado(a) Talhado , polido.

Lastro de navio Tudo quanto se mete no porão do navio para lhe dar estabilidade.

Lavabo Pequena bacia ou chafariz com uma bica . Nas igrejas, é geralmente situado na sacristia ou no corredor que liga esta à capela-mor.

Liquefação Ato ou efeito de liquefazer(-se), de tornar(-se) líquido.

Macroscópico(a) Diz-se das observações feitas à vista desarmada. Relativo ao exame do que é grande.

Mourisco Da mourana (terra dos mouros).

Oxidado Combinado com oxigênio; enferrujado.

Paliçada Tapume ou cerca de paus fincados na terra para defesa de reduto. Cerca ou grade dupla, recheada de barro e fibras vegetais ou outros materiais, que lhe conferem estabilidade e resistência.

Parâmetro Variável ou constante à qual, numa relação determinada ou numa questão específica, se atribui um papel particular e distinto dadas outras variáveis ou constantes.

Patamar Piso de certa largura no começo ou fim de uma escada .

Pétreo De pedra; petroso.Com aparência ou resistência de pedra.

Pia de água benta Vaso de pedra, com água benta.

Pia de Batismo Grande vaso de pedra onde se verte a água utilizada no batismo.

Porosidade Qualidade de poroso (que tem poros , pequenos orifícios de passagem).

Portada	Grande porta, enquadrada por composição ornamental. Exemplo:Portada da Igreja do Carmo , Ouro Preto, atribuída ao Aleijadinho.
Portante	Que porta ou leva.
Precipitação pluviométrica	Índice que mede a queda de chuvas em uma determinada região.
Prisma retangular	Poliedro em que duas faces são polígonos paralelos e côngruos, e as outras são paralelogramos.Utilizado para dispersar, refratar e ou refletir luz.
Prótese	Substituto ou sucedâneo duma parte perdida.
Pulverização	Ato de pulverizar .
Radiação	Qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, seja por meio de partículas dotadas de energia cinética.
Rejunto	(Rejuntamento)Camada fina de argamassa especial, própria para formar as juntas das pedras nas paredes de obras.
Ressaltados(as)	Relevados; destacados.
Retração	Ato ou efeito de retrair-se. Contração permanente de um concreto ou de uma argamassa, que se verifica durante o seu endurecimento.
Rigidez	Qualidade de rígido (que não é flexível, rijo, resistente).
Rugoso(a)	Que tem rugas; enrugado, áspero.
Ruptura	Ato ou efeito de romper-se; rompimento.
Salinidade	Qualidade de salino.Teor de substâncias salinas em um líquido.
Sazonal	Próprio de, ou que se verifica em uma sazão ou estação.
Soco	Base quadrangular de um pedestal ou de algum outro elemento arquitetônico.
Solidificação	Passagem direta do estado líquido ao estado sólido.
Substrato	O que constitui a parte essencial; base; fundamento; essência.
Sujidade	Qualidade ou estado de sujo.
Taça de Púlpito	Bacia ou tanque de chafariz em forma de cálice.
Tardoz	Face fosca da cantaria que fica para o interior da parede.
Trabalhabilidade	Propriedade que apresenta um material de ser facilmente preparado e aplicado em obras.
Umidade absoluta	Qualidade ou estado de úmido ou ligeiramente molhado.
UV	Raio ultravioleta (radiação eletromagnética de comprimento de onda situado, aproximadamente, entre 40 e 4000A).
Vaporização	Ato ou efeito de vaporizar (converter em vapor).
Voluta	Ornato moldado em forma de espiral, em trabalho de talha ou escultura em pedra, bastante usado na ornamentação externa e interna das igrejas mineiras do século XVIII.

BIBLIOGRAFIA

Barroco mineiro. Glossário de arquitetura e ornamentação.

CALDAS, Zildo Sena. Conservação e restauração de monumentos históricos. SEPLAN-PR, IPHAN, FUNDARPE.

CANEVA, Giulia et alii. Biology in the conservation of works of art. Rome, ICCROM, 1991.

CARVALHO, Ayrton et alii. Arquitetura religiosa. FAUUSP, MEC – IPHAN, 1978.

CHAROLA, A. E. (ICCROM, Roma) & LAZARINI, Lorenzo. (Laboratorio Scientifico della Misericordia, Venezia). The statues of Easter Island: deterioration and conservation problems.

IDEAS (investigations into devices against environmental attack on stones). A German-Brasilian project. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, 1988.

JOKILEHTO, JUKKA. Conservation ethics: “the seven lamps”. Lecture delivered at Edinburgh. 24 march, 1994.

LEAL, Fernando Machado. Restauração e conservação de monumentos brasileiros. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1977.

Manual de conservação preventiva para edificações. Grupo Tarefa/Programa Monumenta – BID.

NORMAL COMISSION. Italian National Research Council / Ministry of the Environment and Cultural Heritage, 1977.

OTT, Carlos et alii. Arquitetura oficial II. FAUUSP, MEC-IPHAN, 1978.

SEGURADO, João Emílio dos Santos. Acabamentos das construções. 2ed. Rio de Janeiro, Francisco Alves.

SEGURADO, João Emílio dos Santos. Materiais de construção. 4ed. Rio de Janeiro, Francisco Alves.

SILVA, Eliane Azevedo e et alii. Manual do morador de Olinda. Olinda, Fundação Centro de Preservação dos Sítios Históricos de Olinda, 1992.

TABASSO, Laurenzi M. Conservation treatments of stone. From: The deterioration and conservation of stone, studies and documents on the cultural heritage, vol 16, UNESCO, 1987.

TORRACA, Giorgio. Porous building materials. 3ed. Rome, ICCROM, 1988.

VASCONCELLOS, Sylvio de. Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos. 5ed. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Cultura
Gilberto Passos Gil Moreira

Presidente do IPHAN
Antônio Augusto Arantes Neto

Coordenador Nacional do Programa Monumenta
Luiz Fernado de Almeida

Coordenação do Manual
Sylvia Maria Nélo Braga
Consultora - Especialista em Patrimônio Histórico

COORDENAÇÃO E TEXTO DO MANUAL
Frederico Faria Neves Almeida
Engenheiro Civil – 5ª SR/IPHAN/MinC

COLABORADORES
Fernanda Buarque de Gusmão
Silvia Katz

REVISÃO DE TEXTO
Rosângela Valle Almeida

AGRADECIMENTOS
Roberto de Hollanda Cavalcanti
Sylvia Braga
Sônia Coutinho Calheiros
Silvia Puccioni