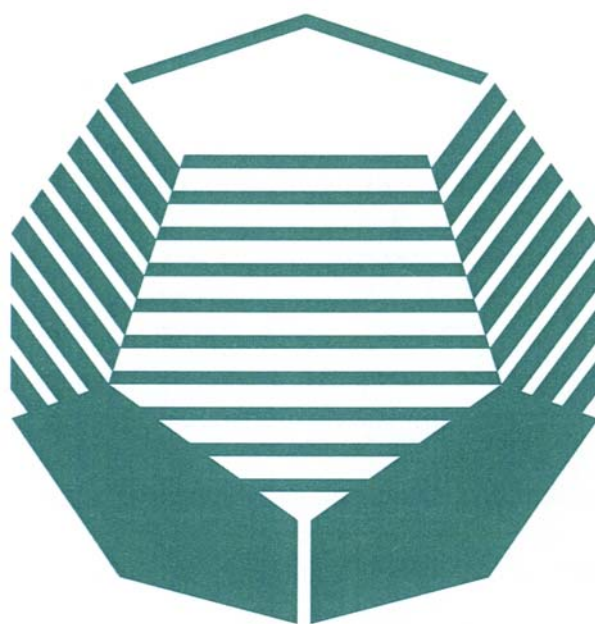


# CSTC

UMA EDIÇÃO DO CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION



*NOTA INFORMATIVA  
TÉCNICA 197*

## LIMPEZA DE FACHADAS

(SUBSTITUI A NT 121)



A presente Nota de informação técnica foi elaborada pelo grupo de trabalho *Nettoyage des façades* (Limpeza de fachadas) com base na antiga NIT n.º 121 «Ravalement des façades – Choix des méthodes de nettoyage» (Tratamento de fachadas - Escolha dos métodos de limpeza) de Setembro de 1978 e no artigo «Le nettoyage des façades» (Limpeza de fachadas) saído no CSTC – Magazine d' hiver 1992 [23]. Apoia-se nas competências dos membros do grupo de trabalho, e nos ensinamentos de uma vintena de anos de acompanhamentos de obras e de ensaios in situ efectuados pelos nossos laboratórios.

### **Composição do grupo de trabalho *Nettoyage des façades***

#### **Membros :**

Claerbout G. (S . A . Monument Vandekerckhove), de Hénau P. (Institut royal du patrimoine artistique (IRPA)), De Prins R. (S . A . Silico), De Witte E. (IRPA), Geldof P. (S . A . Modern Renovation Technics (MRT)), Husson R. (S . A . Silico), Lambert R. (Région wallone, division du Patrimoine), Libeer W. (Advice, Materials and Machines for Restoration International (AMMRI)), Peters S. (S . A . Building Treatments and Application (BTA)), Robijns K. (Vlaamse Gemeenschap, Monumenten en Landschappen), Tavernier F. (Régie des bâtiments), Van Der Stadt W. (Ville de Bruxelles, département de l' Urbanisme)

#### **Engenheiros – animadores :**

De Bruyn R., conselheiro tecnológico *Rénovation et entretien des batiments*, CSTC (Renovação e manutenção das edificações)  
Pien A ., chefe do laboratório *Environnement et rénovation*, CSTC (Ambiente e renovação)

Esta Nota foi submetida ao parecer dos comités técnicos :

- *Gros Oeuvre* (Obra de toscos), presidido pelo Senhor Declerck R.
- *Pierre et marbre* (Pedra e mármore), presidido pelo Senhor Verhees R.

## **CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION**

CSTC, estabelecimento reconhecido pela aplicação da Portaria de 30 de Janeiro de 1947  
Sede social : rue de la Violette 21 –23, Bruxelles



*Publicação de carácter científico visando dar a conhecer os resultados dos estudos e das pesquisas conduzidas no domínio da construção na Bélgica e no estrangeiro.*



*A reprodução ou a tradução, mesmo parciais, do texto da presente Nota informativa técnica só será autorizada com o consentimento do editor responsável.*

## **1 INTRODUÇÃO**

## **2 LIMPEZA DE FACHADAS**

## **3 MATERIAIS DAS FACHADAS**

- 3.1 Materiais pétreos naturais
  - 3.1.1 Pedras calcárias azuis
  - 3.1.2 Pedras calcárias brancas
  - 3.1.3 Mármore
  - 3.1.4 Grês e quartzitos
  - 3.1.5 Granitos
- 3.2 Materiais manufacturados
  - 3.2.1 Pedras e mármore reconstituídos à base de resinas
  - 3.2.2 Tijolos e materiais cerâmicos
  - 3.2.3 Betões
- 3.4 Revestimentos e juntas
  - 3.4.1 Rebocos e pinturas
  - 3.4.2 Juntas
- 3.5 Outros materiais

## **4 DEFINIÇÃO DOS ESTADOS DA SUPERFÍCIE**

- 4.1 Sujidades
- 4.2 Eflorescências
- 4.3 Modificações da superfície
- 4.4 Estado geral da superfície e sua incidência na limpeza

## **5 TÉCNICAS DE LIMPEZA**

- 5.1 Limpeza com água
  - 5.1.1 Jacto de água
  - 5.1.2 Pulverizações repetidas de água a baixa pressão
  - 5.1.3 Vapor saturado
  - 5.1.4 Água a alta pressão
- 5.2 Limpeza química
  - 5.2.1 Efeitos secundários
  - 5.2.2 Aspecto positivo
  - 5.2.3 Aspectos negativos
  - 5.2.4 Produtos utilizados
- 5.3 Limpeza mecânica
  - 5.3.1 Escova a seco ou despoeiramento
  - 5.3.2 Polimento, aplainamento ou rectificação
  - 5.3.3 Técnicas de projecção de granulados com ar comprimido
  - 5.3.4 Jacto de areia com água
- 5.4 Técnicas especiais
  - 5.4.1 Projecção de neve carbónica
  - 5.4.2 Massas de polimento
  - 5.4.3 Massas de limpeza para a eliminação de sujidades no interior das construções
  - 5.4.4 Limpezas com laser

## **6 ESCOLHA DAS TÉCNICAS**

- 6.1 Quadro indicativo
- 6.2 Ensaio preliminares

## **7 PROTECÇÃO DE SUPERFÍCIES NÃO SUBMETIDAS À LIMPEZA**

## **8 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- 8.1 Limpeza de nódoas
  - 8.1.1 Princípios de base
  - 8.1.2 Sistemas de limpeza de nódoas
- 8.2 Limpeza dos elementos metálicos
  - 8.2.1 Elementos em bronze
  - 8.2.2 Serralharias
- 8.3 Outros tratamentos de renovação das fachadas

## **9 CONCLUSÃO**

## **BIBLIOGRAFIA**



# 1 INTRODUÇÃO

Na Bélgica, como na maior parte dos países europeus, uma parte importante do património imobiliário de vocação habitacional foi construído há 50 anos ou mais.

Ninguém se opõe à supressão dos pordieiros mas, ainda não há muito tempo, não se hesitava em suprimir-se quarteirões inteiros de habitações, ainda aproveitáveis.

Actualmente, a ideia da renovação urbana, com o objectivo de conservar o carácter das nossas cidades tal como uma qualidade de vida mais humana, desenvolveu-se e intensificou-se, encorajado aliás pelo exemplo do poder público ou por incentivos à renovação.

Já não se verifica mais aquela vaga de demolição inconsideradas, mas sim a preocupação em se conservar o que merece sê-lo e o melhoramento de edifícios habitacionais dando-lhes o conforto que lhes faltava. É a era da renovação ou, mais exactamente, da reabilitação, que consiste em devolver aos edifícios conserváveis a resistência estrutural necessária à sua segurança, em perseguir a humidade exagerada e em melhorar o conforto interior e o aspecto exterior.

A manutenção da aparência primitiva das fachadas e o desejo de se restabelecer a riqueza das variações e tonalidades dos materiais inscrevem-se nesta tendência e testemunham uma preocupação de respeito pelo aspecto original e pela envolvente construída. Nesta óptica, dedicamo-nos empenhadamente em eliminar as camadas de sujidades que desfeiam as fachadas e podem contribuir, de maneira indirecta, para a degradação dos materiais. Citemos a este propósito a retenção da humidade pelas fuligens e pelas matérias orgânicas, a proliferação das sulfo ou nitrobactérias susceptíveis de degradar as pedras pela formação de ácidos...

A limpeza das fachadas, bem entendido, não só deve ser apenas considerada como uma intervenção estética, mas também como um meio de prolongar a vida dos seus materiais. Devia, por isso, fazer parte da manutenção normal das edificações. Todavia, a limpeza é uma operação delicada que pode produzir prejuízos irreversíveis se não for encarada com discernimento e conduzida com atenção e ajuda de técnicas especializadas.

Numa óptica de devolução de boas condições às fachadas, a limpeza não é uma técnica nova propriamente dita, uma vez que o sector da conservação do património histórico já faz dela uso há mais que meio século. Há cerca de trinta anos, a limpeza foi encorajada em grande escala no estrangeiro. Paris, onde um bom número de fachadas foi refresco sob a iniciativa do Ministro André Malraux, é sem dúvida o exemplo mais espectacular.

Na sua peugada, o desejo de se preservar o património apareceu verdadeiramente no nosso país durante os anos 70. Indivíduos e empresas tomaram cada vez mais consciência do valor das fachadas, frequentemente dissimuladas sob uma espessa camada de concreções, e sentiram a necessidade de fazer renascer a respectiva riqueza original de formas e de cores.

Mas, como é frequentemente o caso, o entusiasmo vence a experiência. Mais que um edifício de valor foi seriamente danificado por uma operação de limpeza de fachada executada de total boa fé mas sem discernimento. Certos trabalhos de renovação revelaram-se por vezes mais destruidores que cem anos de exposição às intempéries.

Nada é menos surpreendente pois a noção de limpeza de fachadas era ainda nova e não existiam técnicas adaptadas aos materiais de construção. Recorria-se geralmente a

métodos conhecidos utilizados noutros ramos industriais. Assim, o jacto de areia, aplicado há décadas com sucesso sobre os metais, popularizou-se em pouco tempo. As consequências não se fizeram esperar : a pedra natural e o tijolo, nitidamente mais fracos e heterogéneos que as superfícies metálicas, resistiram mal à acção abrasiva do jacto de areia e foram numerosas as fachadas danificadas.

A limpeza de fachadas em geral e o jacto de areia em particular adquiriram assim má fama, dando lugar, nalguns países vizinhos, aos procedimentos químicos e isto apesar do risco de efeitos secundários nefastos. Entretanto, tanto os tratamentos químicos como as técnicas de projecção foram proibidos dando lugar a técnicas que utilizam apenas a água, mas sem se eliminarem totalmente os riscos de danos nas alvenarias e nos acabamentos exteriores.

Não existem, de facto, métodos de limpeza eficientes universalmente utilizáveis e que não apresentem potenciais efeitos secundários; em contrapartida existe uma série de métodos mais ou menos adaptados aos diferentes problemas de sujidade e aos numerosos materiais de fachada.

Nesta óptica, a presente Nota propõe-se fornecer aos práticos, arquitectos e donos de obras uma relação dos diferentes métodos de limpeza utilizáveis e de os ajudar numa primeira selecção das técnicas a encarar em função dos materiais e dos tipos de obras em questão.

É o resultado da confrontação, no seio do grupo de trabalho, dos conhecimentos e das experiências actuais, completadas por observações e medições efectuadas em fachadas e em laboratório, no quadro das pesquisas sobre este assunto e da orientação tecnológica *Rénovation et entretien des bâtiments* (Renovação e manutenção das edificações) , subsidiada pelas Regiões.





## 2 LIMPEZA DE FACHADAS

Na presente Nota de informação técnica, utilizar-se-á sistematicamente o termo “nettoyage” (limpeza), em vez do termo mais geral “ravalement” (tratamento de fachadas), ainda que este seja frequentemente usado pelos profissionais para designar uma simples limpeza.

A limpeza é muito frequentemente considerada, e mal, como a restituição de uma fachada ao seu estado inicial de asseio ou ainda como a devolução da cor e da textura originais aos materiais. Isto implica, na maioria dos casos, uma retirada mais ou menos importante de matéria, produzindo modificações quase sempre desfavoráveis no relevo da superfície. De facto, a limpeza deve, salvo casos particulares ou prescrições especiais, limitar-se a retirar as poeiras e as fuligens pouco aderentes, conservando-se na fachada os sinais do tempo e a sua patine.

Acontece igualmente que a limpeza põe em evidência diferenças de tonalidades existentes mas inicialmente mascaradas pela sujidade. Na medida em que essas diferenças fazem parte integrante dos materiais, é desaconselhada a sua uniformização.

É portanto desejável especificar-se, antes do início dos trabalhos, o estado de asseio desejado em cada caso e o estado da superfície que pode resultar. Isto aplica-se designadamente em caso de prescrições especiais que visassem, por exemplo, a conservação de certas zonas mais sombrias, a eliminação da patine para se redescobrir o estado original do material, ... Constatam-se com efeito demasiados litígios após os trabalhos :

- Seja no caso de limpezas realizadas com excessivo cuidado, na óptica de uma alteração dos materiais mínima, mas não oferecendo um aspecto suficientemente limpo aos olhos do dono da obra
- Seja, pelo contrário, no caso de intervenções vigorosas que oferecem superfícies perfeitamente limpas mas irremediavelmente deterioradas.

Como aconselhado diversas vezes nesta Nota, um ensaio de limpeza preliminar sobre uma superfície restrita é particularmente útil a fim de se reduzirem os riscos de posteriores diferendos.

Para fachadas pintadas de edificações classificadas, é desejável proceder-se ao exame e à análise das camadas pictóricas antes de qualquer intervenção de limpeza.

Sempre que o material esteja alterado, a limpeza deve igualmente servir para pôr em evidência as partes degradadas e para travar a progressão da alteração por um tratamento adequado de conservação. Em certos casos, definir-se-á se as reparações devem ser efectuadas, quer nos materiais constitutivos, quer nas suas juntas.

Será também definido se, uma vez limpa, a fachada deve ser objecto de tratamentos de protecção (hidrofugação ou tratamentos antigraffiti), sabendo-se que estes tratamentos não substituem posteriores limpezas, mas facilitam a conservação com emprego de métodos suaves (não abrasivos). Assinale-se, já agora, que estes tratamentos têm a tendência a acentuar as tonalidades naturais dos materiais, fenómeno que pode ser, em certos casos, mal aceite depois da limpeza.



**Fig.1** Limpeza de uma fachada. A técnica usada permitiu uma eliminação das camadas de sujidade salvaguardando sempre as gradações de cor próprias do material bem



## 3 MATERIAIS DAS FACHADAS

Os materiais que podem ser encontrados em fachadas no nosso país são numerosos e diversificados : pedras naturais, materiais manufacturados e seus eventuais revestimentos.

### 3.1 PEDRAS NATURAIS [6]

Podem-se encontrar diversas pedras naturais em fachadas sob a forma de “melões”, de silhares ou de chapas apresentando-se acabamentos de superfície mais ou menos lisos, indo do polido ao tosco de clivagem, passando pelo amaciado, pelo trabalhado e pelo bujardado.

#### 3.1.1 PEDRAS CALCÁRIAS AZUIS

Estas pedras (resistência à compressão  $R_c > 100 \text{ N/mm}^2$ ) encontram-se muito frequentemente em socos, faixas e lintéis em todas as regiões do país. Mais localmente, e nas zonas de exploração, encontram-se fachadas constituídas exclusivamente por pedras calcárias azuis.

Os calcários crinóidicos de cor azul são classificados como “pedras azuis” ou “Petit Granit”. Os dois termos estão estreitamente associados, ou seja sinónimos.

Os calcários do Meuse (calcários relativamente puros e compactos) e a pedra de Tournai (calcários argilo-silicioso) podem igualmente ser classificados petrográficamente nas pedras calcárias azuis.

#### 3.1.2 PEDRAS CALCÁRIAS BRANCAS [7]

A tonalidade (mais ou menos ocre ou acastanhada), a dureza e a proveniência destas pedras são muito variáveis. Encontram-se com efeito em fachadas dos edifícios :

- Pedras de origem belga tais como os calcários gresosos do Lédien (pedra de Balegem, ...), do Bruxellien (pedra de Diegem, de Gobertange, ...), do Sinémurien (pedra de Florenville, de Orval, ...) ou do Bojocien (pedra de Grandcourt ou “Pierre Gaumaise”, ...)
- Pedras de origem francesa, mais correntemenet usadas a partir do fim do século XIX. Trata-se geralmente de calcários relativamente puros, de origens diversas. Podemos subdividi-los em :
  - Pedras muito rijas ( $R_c > 80 \text{ N/mm}^2$ ) : pedras de Comblanchien, Hauteville, ...
  - Pedras rijas ( $R_c > 50 \text{ N/mm}^2$ ) : pedras de Anstrude, de Massangis, de Vilhonneur, ...
  - Pedras semi-rijas a firmes ( $R_c > 12 \text{ N/mm}^2$ ) : pedras de Brauvilliers, de Chauvigny, de Euville, de Tercé, ...
  - Pedras brandas a muito brandas ( $R_c \leq 12 \text{ N/mm}^2$ ) . pedras de Saint-Maximin, se Savonnières, ...
- Pedras calcárias brandas de outras origens, como as pedras de Portland (GB), de Bodrak (Comunidade de Estados Independentes, CEI), ...

### 3.1.3 MÁRMORES

Na indústria da construção, a palavra “mármore” aplica-se às pedras calcárias cristalinas ou muito compactas, susceptíveis de receberem um polimento. Utilizadas mais frequentemente em placas, os mármore de origens belga ou estrangeira podem apresentar uma muito larga gama de desenhos e cores. Citemos de memória os mármore que apresentam uma tonalidade de base branca (Carrara, ...), ocre escuro (Travertinos, ...) ou negra (Negro Belga, ...).

### 3.1.4 GRÉS E QUARTZITOS

Ainda que de utilização bastante limitada no nosso país, as rochas arenáceas consolidadas são as rochas sedimentares mais espalhadas à face da Terra. Provêm da cimentação natural de grãos de areia e apresentam por isso uma superfície de fractura áspera, geralmente rugosa.

A Bélgica possui numerosos grés e quartzitos, entre os quais podemos citar os grés de Condroz ou grés *fammeniens* – que são quase sempre os mais usados -, os grés ferruginosos de Diesten e do Bruxellien (brandos a muito brandos, castanho avermelhados), os grés de Andenne (muito resistentes, branco rosados), os quartzitos do Landénien (muito rijos, esbranquiçados), ...

Numerosos grés são igualmente importados de França, da Alemanha e do Luxemburgo.

### 3.1.5 GRANITOS

Na indústria da construção, o termo “granito” aplica-se geralmente às rochas muito rijas de textura granular, frequentemente de tonalidades claras (cinzentas, rosas, avermelhadas ou azuladas) e apresentando um aspecto mosqueado. Os granitos são mais frequentemente usados sob a forma de placas finas.

## **3.2 MATERIAIS MANUFACTURADOS**

### **3.2.1 PEDRAS E MÁRMORES RESCONTITUIDOS À BASE DE RESINAS**

Obtidos a partir de desperdícios de pedras ligados por uma resina termoendurecida e vazados em blocos, estes materiais são seguidamente cortados e polidos para serem utilizados em placas finas.

### **3.2.2 TIJOLOS E MATERIAIS CERÂMICOS**

utilizados em grandes quantidades no nosso país, os tijolos encontram-se nas fachadas sob a forma arenosa, rugosa, lisa ou vidrada. A sua resistência à compressão está geralmente compreendida entre 3 e 50 N/mm<sup>2</sup> e as suas tonalidades correntes variam do ocre claro ao vermelho acastanhado para os tijolos até cores diversas para os materiais cerâmicos vidrados.

### **3.2.3 BETÕES**

Têm em comum a sua composição à base de cimento, de areia e de britas, mas diferenciam-se pelo seu aspecto, textura, tonalidade e formas de colocação em obra.

Por ordem de importância na sua utilização em fachadas, podemos citar :

- Os betões decorativos :
  - De inertes aparentes
  - Lisos
  - Polidos
- Os blocos de betão para exteriores :
  - Toscos de descofragem
  - Clivados
- Os betões toscos de descofragem, eventualmente bujardados
- Os betões celulares.

Para os betões celulares, assinalamos que não existe, que conheçamos, técnicas de limpeza adaptadas a este tipo de material relativamente brando e muito poroso. Na maioria dos casos, uma demão de pintura substituirá a intervenção de limpeza.

## **3.3 REVESTIMENTOS E JUNTAS**

### **3.3.1 REBOCOS E PINTURAS**

Pondo de parte a manutenção corrente com água quando os acabamentos estão são e aderentes, a limpeza destes diferentes revestimentos à base de cargas (e / ou pigmentos) e de ligantes (cimento, cales, silicatos alcalinos, ...) ou resinosos (acrílicos, vinílicos, ...) limita-se na maioria dos casos à obtenção de uma superfície apta a receber uma nova camada de acabamento.

Na medida em que se deseje eliminar as pinturas a fim de tornar as alvenarias aparentes, os tratamentos mecânicos mais ou menos agressivos ou a aplicação de produtos químicos específicos poderão ser escolhidos conforme nos encontrarmos em presença de “caiações” e / ou de pinturas mais contemporâneas (acrílicas, vinílicas, ...).

### 3.3.2 JUNTAS

Conforme se trate de juntas rígidas de argamassa (cimento ou cal + cimento) ou de juntas elásticas e plásticas (polissulfatos, silicones, acrílicos, poliuretanos, butílicos, ...) o seu comportamento sob as acções de limpeza será diferente. Na escolha das técnicas de limpeza, o comportamento das juntas é certamente tomado em consideração mas, mais frequentemente, de maneira complementar relativamente aos resultados a obter no material principal da fachada. Notemos, no entanto, que certas técnicas de limpeza preconizadas para os materiais de fachada rijos e compactos (ver tabela 2) podem degradar muito rapidamente as juntas friáveis e / ou pouco aderentes.

## 3.4 OUTROS MATERIAIS

Encontram-se outros materiais nas fachadas, tais como as carpintarias, os vitrais, as ornamentações, os elementos metálicos, ... Não apresentam, todavia mais que uma importância indirecta na óptica da limpeza de fachadas, de modo que necessitarão frequentemente de protecções durante os trabalhos.

A limpeza dos elementos metálicos será brevemente abordada no art.º 8.2.



**Fig. 2** Diferentes materiais numa fachada.



## 4 DEFINIÇÃO DOS ESTADOS DA SUPERFÍCIE

Nem todas as fachadas podem limpas da mesma maneira. A intervenção estará relacionada não apenas com natureza mas igualmente com o estado da superfície, com as eventuais intervenções anteriores e com o grau de alteração do ou dos materiais utilizados na construção.

O aspecto de uma fachada exposta às intempéries resulta da adição de matérias estranhas e de modificações químicas e físicas que afectam a sua superfície. Depende da natureza e da composição dos materiais, da agressividade do meio, das condições climáticas, da orientação da edificação, etc.

Entre os estados da superfície, distinguem-se as “salissures” (sujidades), as eflorescências e as modificações de superfície.

### 4.1 SUJIDADES

O termo **sujidade** engloba :

- Os “encrassements” (**deposições**) : depósitos de matéria, não penetrante e mais ou menos agarradas ao material, que não fica modificado (figura 3). Exemplos : empoeiramento, depósitos terrosos, fuligens (depósito de fumos), desenvolvimento de algas e de líquenes, depósitos de excrementos, ...
- As “souillures” (**manchas**) : matérias estranhas que penetram mais ou menos profundamente no material praticamente não lhe modificando mais que o aspecto. Exemplos : *grafitti*, manchas de óleo, de betuminosos, de ferrugem, de sulfato e de carbonato de cobre, fumos transportados pelas chuvas para os poros dos grés e dos tijolos.



**Fig. 3** Deposições

O limite entre as crostas e as manchas nem sempre é nítida. Um exame atento da superfície pode por vezes eliminar a ambiguidade. A título de exemplo, notemos que :

- A maioria das pedras naturais ou artificiais contendo carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) apresentam, em meio poluído, uma crosta de gesso na sua superfície ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que, ao se formar, repele para o exterior as poeiras e as fuligens. Haverá então *deposição* (depósito ou crosta) e não *mancha*.
- Os grés (não calcários) e os tijolos porosos, mesmo em meio poluído, não formam a barreira gipsosa na sua superfície, pelo que as fuligens e as poeiras, transportadas pela água da chuva, penetram na material por vezes até vários milímetros de profundidade originando uma *mancha*.
- Como a porosidade dos materiais pétreos nunca é nula, os óleos, as gorduras, os sais corantes (por exemplo, de cobre e de ferro) e os corantes orgânicos são susceptíveis de penetrar mais ou menos profundamente pelas faces intercrystalinas e de se fixarem por absorção, manchando assim os materiais.
- Em certas pedras, a acção de matérias alcalinas ou uma lavagem com água (+detergente) provoca, na secagem, a formação de zonas acastanhadas ou um escurecimento superficial. Este fenómeno é provocado por uma deslocação das matérias orgânicas ou dos sais de ferro contidos na pedra. Trata-se igualmente de uma *mancha*.

## 4.2 EFLORESCÊNCIAS

As eflorescências são formações salinas que aparecem nos materiais porosos submetidos a gradientes ou variações de humidade. Estão relacionadas com a migração para superfícies de evaporação dos sais que estão contidos nos materiais, quer trazidos pelas fontes de humedificação, quer provocados por reacções químicas dos materiais entre si ou dos materiais com o ambiente.

Subdivididas de acordo com a sua natureza em 7 categorias na revista n.º 4 de 1982 do CSTC [22], as eflorescências podem ser mais ou menos superficiais e serem acompanhadas ou não por degradações nos materiais. Para a identificação das eflorescências e da sua origem, podemos consultar o artigo citado, que trata igualmente, caso por caso, das medidas de prevenção e dos seus eventuais remédios.

## 4.3 MODIFICAÇÕES DA SUPERFÍCIE

Entre as modificações da superfície, distinguem-se :

- A *patine* (**patine**) : transformação da superfície do material (por fenómenos de oxidação ou outros), que produz com o decorrer do tempo uma mudança da cor ou da textura, não provocando a destruição do material. Exemplo : *patine* cinzenta do Petit Granit, *patine* esbranquiçada das pedras de Meuse ou cinzenta ocre das de Tournai, *patine* dourada do *lédien*, ...
- A carbonatação (**calcin**) : camada coerente de espessura variável, que se forma sobre paramentos calcários; resulta de uma transformação da matéria da superfície; a sua composição geralmente não é precisa e só pode ser determinada por uma análise. Trata-se de uma modificação do teor em calcário da superfície, quase sempre associada à presença de sulfato de cálcio (gesso).

- As crostas (**encroûtement**) : partes endurecidas não aderentes à superfície de um material, conseqüentes da ligação de depósitos pelo calcário ou pelo gesso. Exemplo : as **crostas negras** e espessas que afectam mais frequentemente as pedras calcárias pouco expostas às chuvas (figura 4).
- A alteração (**alteration**) : modificação física ou química provocando a destruição progressiva do material; as suas principais manifestações são as roturas conseqüentes do gelo ou de quaisquer acções mecânicas (desgaste, quebra, exfoliação, pulverulência, ...) a corrosão, a erosão, a alveolisação, os “cancros” por sulfatação, etc.



**Fig. 4** Crostas

## 4.4 ESTADO GERAL DA SUPERFÍCIE E SUA INCIDÊNCIA NA LIMPEZA

O estado geral de uma fachada resulta dos estados particulares dos materiais que a compõem. Pode ser caracterizado pela localização, grau e extensão da sujidade e das modificações da superfície. Podemos, por exemplo, fazer uma distinção em :

- Materiais sãos, não ou pouco alterados e coerentes
- Materiais danificados, apresentando à superfície uma certa incoerência ou uma perda de matéria
- Materiais arruinados, quando a sua alteração é profunda.

No caso de materiais sãos, ou seja para a maioria do património construído corrente, as *deposições* podem ser eliminadas ou fortemente atenuadas por uma limpeza que não encare com sensibilidade o material. Em contrapartida, as *manchas* (elementos que penetraram nos materiais) só podem desaparecer eliminando-se em simultâneo uma parte mais ou menos importante da superfície do material, salvo em caso de utilização de um tratamento químico apropriado. A eliminação das manchas afasta-se das noções habituais da limpeza para se aproximar preferencialmente das técnicas de tratamento.

A sujidade pode mascarar a existência de diferenças de tonalidades mais ou menos importantes próprias dos materiais aplicados (originais ou lotes diferentes de material) ou relacionadas com uma evolução superficial não homogénea sob condições de exposição diferentes. Tal é nomeadamente o caso dos rebocos hidráulicos ou dos betões que apresentam tonalidades relacionadas a fenómenos de carbonatação e de sulfatação ou a dissoluções em zonas de escoamento preferencial das chuvas.

Estas diferenças de aspecto e de textura fazem parte integrante dos materiais e a sua uniformização, que sai do contexto de uma simples limpeza, é o mais frequentemente desaconselhável, tendo em conta o carácter muito enérgico das intervenções necessárias e dos seus resultados a maior parte das vezes aleatórios.

Em caso de materiais alterados ou destruídos, a limpeza por si só não chega. Deve ser obrigatoriamente acompanhada por trabalhos de restauro, como, por exemplo, por tratamentos de consolidação prévia em caso de pedras trabalhadas ou de esculturas para as quais a noção de conservação do material deve prevalecer sobre a de asseio.



## 5 TÉCNICAS DE LIMPEZA

Existem numerosas técnicas para a limpeza das fachadas, que podem ser classificadas em três grandes famílias :

- Limpezas com água
- Limpezas químicas
- Limpezas mecânicas

Para aplicações específicas, existem ainda algumas técnicas especiais, abordadas no art.º 5.4 do presente documento.

Nas descrições seguintes, as pressões de trabalho estão expressas em Mpa (Megapascal), em que  $1 \text{ Mpa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar} = \pm 10 \text{ kg/cm}^2$ .

### 5.1 LIMPEZA COM ÁGUA

Os métodos de limpeza de fachadas com água distinguem-se entre si principalmente pela quantidade, temperatura e pressão da água. A irrigação prolongada de água com escurrimto por uma fachada é o método mais simples. A pulverização repetida de água a baixa pressão chega a um resultado semelhante com um menor consumo de água. A utilização de vapor saturado pode aumentar a eficácia da limpeza com água.

Note-se que um grande consumo de água aumenta os riscos de penetração da água através das alvenarias, de degradações nos acabamentos interiores tal como de degradações pelo gelo dos materiais embebidos em água.

#### 5.1.1 ESCORRIMENTO DE ÁGUA

##### 5.1.1.1 DEFINIÇÃO

O escurrimto puro e simples consiste em fazer escurrer, por meio de rampas de rega, água sobre a superfície do material a limpar durante o lapso de tempo necessário ao amolecimento e à remoção da sujidade. Pode ser acompanhado por uma escovagem manual.

##### 5.1.1.2 ASPECTO POSITIVO

Em certos casos, esta técnica permite obterem-se bons resultados, por exemplo sobre a pedra calcária azul.

### 5.1.1.3 ASPECTOS NEGATIVOS

- A operação dura muito tempo.
- O consumo de água é muito importante.
- Os materiais absorvem muita água, o que pode ter como consequências :
  - Infiltrações no interior da edificação;
  - Graves alterações dos revestimentos interiores das paredes, aparecendo por vezes diversos meses após a aplicação do procedimento;
  - Formação de bolores, algas e musgos;
  - Aparecimento de manchas acastanhadas difíceis de eliminar (figura 5) e ocasionadas pela migração para a superfície dos sais de ferro contidos na areia da argamassa ou em certos materiais, ou por uma reacção entre os alcalis do cimento das juntas e as matérias orgânicas presentes em quantidades mais ou menos importantes nas pedras naturais;
  - Danos provocados pelo gelo nos materiais impregnados de água;
  - Dissolução mal controlada das crostas superficiais podendo sensibilizar o material para alterações futuras.



**Fig. 5** Manchas amareladas

### 5.1.1.4 CONCLUSÕES

A utilização do escorrimento contínuo e prolongado provoca muitos inconvenientes e é portanto desaconselhado de uma forma geral. As suas aplicações deveriam limitar-se a casos bem específicos, tais como a limpeza já referida de pedras calcárias azuis ou de estátuas.

## 5.1.2 PULVERIZAÇÕES REPETIDAS COM ÁGUA A BAIXA PRESSÃO

### 5.1.2.1 DEFINIÇÃO E EXECUÇÃO

Este método, utilizado por exemplo para amolecer as deposições negras de gesso sobre a pedra calcária, consiste em se pulverizar por meio de rampas munidas com bicos de aspersão um mínimo de água sobre a superfície do material, sem escorrimento propriamente dito, o que, num primeiro tempo, é inútil. As pulverizações são de curta duração e entrecortadas por períodos de paragem, sendo o objectivo manter-se a superfície continuamente húmida sem saturação do material “no coração”. A deposição é assim amolecida por dissolução parcial e de seguida removida por meio de um jacto de água (máximo 2 Mpa).

A eficácia do método é nitidamente aumentada se procedermos a um tratamento manual das superfícies à espátula ou à escova dura não metálica, ou se o enxaguamento for feito com água quente.

A água utilizada é de preferência abastecida pela rede de distribuição pública (água ligeiramente básica) e pulverizada à pressão desta, quer dizer, geralmente inferior a 1 Mpa, sobre a fachada a tratar. Os bicos aspersores são fixados em rampas fixas ou móveis.

#### 5.1.2.2 ASPECTOS POSITIVOS

- Este procedimento convém particularmente para a limpeza das matérias calcárias ou de ligante calcário apresentando crostas de gesso.
- Praticamente não altera a superfície do material.
- É ecológico.

#### 5.1.2.3 ASPECTOS NEGATIVOS

- Este procedimento não permite eliminar deposições fortemente ou profundamente aderidas, nomeadamente em materiais siliciosos (grés, tijolos, ...).
- Se o consumo de água for elevado, os mesmos efeitos secundários que os citados no art.º 5.1.1.3 podem aparecer (infiltrações de água, formação de fungos, de algas e de musgos, alterações dos revestimentos interiores, manchas castanhas, degradações causadas pelo gelo, alteração da crosta de gesso, ...).

#### 5.1.2.4 CONCLUSÕES

As pulverizações repetidas com água a baixa pressão seguidas de um enxaguamento sob pressão convém particularmente :

- Para as habitações e para os monumentos históricos nos quais não se possa encarar outros métodos por diversas razões e, em particular, tendo-se em conta a existência de uma friabilidade importante da superfície;
- Para as superfícies a manter regularmente (por exemplo, anualmente em local urbano);
- Para os materiais não porosos de superfície lisa.

É muito vivamente recomendado limitar-se a duração da pulverização de água ao tempo mínimo necessário para impregnar a deposição sem penetração importante no material subjacente. Para se aumentar a sua eficácia, este método é frequentemente combinado com outros sistemas, em função dos materiais encontrados.

### 5.1.3 VAPOR SATURADO

#### 5.1.3.1 DEFINIÇÃO E EXECUÇÃO

Esta técnica consiste na projecção sob pressão de vapor de água saturado contra a fachada. Convém muito bem se as sujidades não estiverem muito incrustadas e permite aos materiais conservar a sua patine.

O mecanismo de eliminação da sujidade decompõe-se em três fases :

- Amolecimento da sujidade pela água condensada que escorre pela fachada. Este escorrimento substitui parcialmente a pulverização prévia com água.
- Descolamento da sujidade pela acção mecânica do vapor, favorecido pela temperatura elevada.
- Evacuação da sujidade pelo escorrimento de água, que resulta do arrefecimento do vapor.

O equipamento utilizado compõe-se por uma lança accionada manualmente e alimentada por um gerador de vapor sob pressão.

A água utilizada é geralmente retirada da rede de distribuição pública. À saída da lança, a temperatura da mistura água-vapor está compreendida entre 120° e 160°C. A pressão correspondente situa-se entre 0,2 e 0,6 Mpa.

É primordial que o vapor à saída da lança esteja saturado, de maneira a se obter em contacto com a superfície fria um escorrimento de água susceptível de arrastar as sujidades descoladas pelo jacto de vapor e de se assegurar indirectamente um escorrimento prévio sobre as superfícies mais abaixo; procede-se com efeito de cima para baixo.

A limpeza com vapor seco está interdita, porque causa o risco de “cozer” e de fixar a sujidade ao material.



**Fig. 6** Fachada limpa com vapor saturado.

#### 5.1.3.2 ASPECTOS POSITIVOS

- O material conserva a sua *patine*.
- Em princípio, o estado da superfície não é alterado (ver art.º 5.1.3.3).
- Não há produção de poeiras.
- As únicas matérias primas usadas são o combustível e a água; o consumo de água é pouco importante.
- O procedimento é ecológico.

#### 5.1.3.3 ASPECTOS NEGATIVOS

- Existe um risco de degradação em caso de fachadas constituídas por materiais antigos finamente trabalhados, porque o calor pode produzir tensões e provocar a formação de fissuras nesses materiais.
- As deposições fortemente aderidas não são eliminadas.

#### 5.1.3.4 CONCLUSÕES

O procedimento de limpeza por vapor húmido saturado convém particularmente para a limpeza das pedras compactas e dos materiais pouco porosos, como os betões decorativos, e, de uma maneira geral, para a manutenção das fachadas. Apesar dos resultados positivos obtidos com a ajuda desta técnica, ela é pouco utilizada hoje em dia e substituída cada vez mais pelo procedimento com água (quente) sob alta pressão (ver art.º 5.1.4), que não permite no entanto obterem-se os mesmos resultados.

### 5.1.4 ÁGUA SOB ALTA PRESSÃO

#### 5.1.4.1 DEFINIÇÃO E EXECUÇÃO

Esta técnica (figura 7) consiste em amolecer a sujidade previamente e em eliminá-la quase instantaneamente com a ajuda de um jacto de água fria ou quente sob alta pressão (3 a 10 Mpa). É usada cada vez mais frequentemente e isto, depois do aparecimento de numerosos aparelhos polivalentes que permitem escolher livremente a temperatura e a pressão da água entre uma gama muito vasta.

Esta técnica parece convir aos materiais duros, mas é de desaconselhar para os materiais brandos ou alterados.

Trata-se de se adaptar a pressão de trabalho a cada tipo de material e a cada estado de superfície a fim de se poder descolar a deposição sem se alterar os materiais constitutivos das fachadas. Lembremos a este propósito que as juntas friáveis ou não aderentes podem ser muito rapidamente eliminadas pela acção mecânica do jacto de água.

Salvo casos particulares (abertura de juntas propositada ou materiais muito duros e compactos), as pressões usadas para a limpeza das fachadas não deverá exceder os 10 Mpa para temperaturas máximas de 80° a 90°C.

Na mesma óptica e para se evitarem os efeitos secundários citados anteriormente, a distância de trabalho tem um papel importante, tal como a judiciosa escolha do bico de projecção.

#### 5.1.4.2 ASPECTOS POSITIVOS

- Não há produção de poeiras;
- Trata-se de um procedimento ecológico.



**Fig. 7** Limpeza com água a alta pressão.

#### 5.1.4.3 ASPECTO NEGATIVO

Este método provoca uma degradação muito rápida das juntas friáveis ou não aderentes.

#### 5.1.4.4 CONCLUSÕES

Esta técnica parece convir à limpeza dos materiais duros e compactos e está particularmente adaptada para a manutenção regular de fachadas hidrofugadas sendo certo que é simples e que não deve diminuir sensivelmente o carácter hidrófugo dos materiais.

## 5.2 LIMPEZA QUÍMICA

O emprego de produtos químicos tem como objectivo facilitar a eliminação das sujidades por uma reacção físico-química de superfície. Estes produtos são geralmente aplicados com a ajuda de escovas suaves sobre superfícies previamente humidificadas. A pré-lavagem deve ser realizada de baixo para cima para se evitar a penetração das águas sujas nos poros do material seco.

Após um tempo de reacção variando para a maioria dos produtos entre 5 e 30 minutos, o conjunto da fachada tratada é enxaguada com água sob pressão ou com vapor. Este enxaguamento, executado sob pressões podendo atingir por vezes 8 MPa conforme a natureza e o relevo das superfícies, visa descolar a sujidade e eliminar ao máximo os produtos utilizados.

Os produtos químicos necessitam do recurso a uma mão-de-obra especializada. As águas de enxaguamento devem ser evacuadas tendo-se em conta a legislação existente.

### 5.2.1 EFEITOS SECUNDÁRIOS

O emprego de produtos químicos pode provocar, nos materiais tratados, a aparição de eflorescências resultantes da migração de sais solúveis produzidos por uma reacção do produto com o material ou contidos no próprio produto de limpeza. Devem-se seleccionar os produtos químicos com bastante discernimento, sabendo-se que a grande dificuldade não é retirar-se a sujidade, mas evitar-se a penetração do produto no material. É com efeito impossível eliminarem-se totalmente os sais solúveis pelo enxaguamento com água. Estes só se podem extrair pela absorção repetida auxiliada por uma pasta húmida aplicada sobre a fachada limpa e retirada mecanicamente após secagem completa.

A neutralização por vezes praticada após uma limpeza química é sempre uma operação perigosa e quase sempre inútil. Introduce no material sais solúveis em grande quantidade.

### 5.2.2 ASPECTO POSITIVO

Graças a uma escolha judiciosa e a uma utilização correcta dos reagentes químicos, pode-se esperar a eliminação da deposição sem ataque sensível ao material, quer unicamente pela acção específica do reagente sobre as sujidades, quer pela desagregação de uma camada superficial ínfima do material, provocando o descolamento da deposição.

### 5.2.3 ASPECTOS NEGATIVOS

- A composição exacta dos reagentes raramente é conhecida, já que estes dados praticamente nunca são fornecidos pelos fabricantes dos produtos.
- Em caso de insuficiente enxaguamento, arriscamo-nos a que se formem eflorescências à superfície do material. Os sais podem provir apenas do reagente ou de uma reacção com o material.
- Certos produtos são perigosos de manipular, o que nem sempre é evidente.
- Os riscos de poluição são grandes sobretudo quando a composição dos produtos é desconhecida e quando os produtos são evacuados directamente para o esgoto, como é frequentemente o caso.

### 5.2.4 PRODUTOS UTILIZADOS

A composição química exacta dos produtos comerciais raramente é conhecida, estes produtos são com efeito frequentemente objecto de segredo de fabricação.

Os principais produtos químicos utilizados para a limpeza de fachadas são os agentes ácidos e básicos. Para se eliminarem sujidades específicas, utilizam-se por vezes reagentes especiais. Os solventes orgânicos pertencem igualmente aos produtos químicos de limpeza.

Os agentes tensoactivos podem-se revelar úteis para eliminar depósitos gordos, mas são a maior parte das vezes usados para se assegurar um melhor contacto da solução com as sujidades presentes sobre a fachada e para favorecerem por esta razão a acção dos produtos.

#### 5.2.4.1 PRODUTOS ÁCIDOS

Os ácidos e os sais ácidos agem por ataque ao suporte. Eles desagregam tanto melhor a sujidade quanto mais a reacção é efervescente (libertação de  $\text{CO}_2$  para os calcários). Os mais empregues são o ácido fluorídrico, o bifluoreto de amónio, o ácido clorídrico, o ácido sulfúrico e o ácido fosfórico.

Para se limitar o ataque ácido à superfície dos materiais, é necessário molhá-la convenientemente antes da aplicação do produto líquido ou da pasta.

O ácido clorídrico, que reage fortemente sobre as pedras calcárias, não deve ser usado por causa da formação de cloretos muito higroscópicos. Estes sais provocam a desagregação dos materiais muito porosos e são difíceis de serem eliminados. De forma geral, o emprego do ácido clorídrico deve ser reservado à limpeza de manchas especiais (exsudações de cal, ...).

Nos últimos anos, um certo número de edificações em betão arquitectónico foi limpo com sucesso pelo emprego de soluções acidificadas à base de bifluoreto de amónio.

Nas pedras calcárias, o ácido fluorídrico e o bifluoreto de amónio formam fluoretos insolúveis e sais



**Fig. 8** Limpeza de um edifício em betão arquitectónico por meio de um produto à base de bifluoreto de amónio (a parte esquerda está limpa).

de amónio, que no entanto não parecem ser perigosos. Podem mesmo ser considerados inofensivos na limpeza das pedras calcárias e dos grés brancos.

Estes produtos atacam os materiais siliciosos, tais como os grés, os tijolos e as rochas eruptivas. Em materiais muito escuros (entre os quais se incluem os tijolos vermelhos e os betões coloridos), o ácido fluorídrico pode provocar um certo embranquecimento. Estes produtos ácidos atacam o vidro e as carpintarias e o ácido fluorídrico na sua forma concentrada deve ser considerado como fortemente tóxico e perigosos para o utilizador.

#### 5.2.4.2 PRODUTOS ALCALINOS

Os produtos alcalinos agem por saponificação das gorduras e dos óleos. Os mais usados são a soda (NaOH) e a potassa (KOH) cáusticas. Estes produtos não atacam as pedras calcárias mas sim as rochas siliciosas, sobretudo em soluções concentradas. Eles deixam, nas pedras muito porosas e nas juntas, carbonatos e sulfatos alcalinos muito destrutivos pela sua acção lenta e contínua. O emprego dos hidróxidos de sódio e de potássio (lexívias cáusticas) está conseqüentemente proibido em materiais muito porosos e nas juntas.

Os produtos alcalinos, que nunca devem ser aplicados em dissolução mas sim em pasta preparada, são misturados com pós absorventes (amido, talco, farinha, argila, cré, celulose) ou a uma matéria tixotrópica (carboximetilcelulose). Estas pastas, aplicadas sobre o material préhumidificado, diminuem a penetração dos produtos e, durante a secagem, absorvem uma parte dos sais formados. Antes do enxaguamento com água, é necessário eliminarem-se as pastas, se possível de maneira mecânica.

A aplicação e a eliminação mecânica das pastas básicas, tal como o enxaguamento, devem sempre ser efectuadas de baixo para cima.

#### 5.2.4.3 REAGENTES ESPECÍFICOS [13]

Os reagentes específicos são sais com uma determinada acção. Eles são usados por vezes como aditivos nos detergentes aniónicos (ver art.º 5.2.4.5), sobretudo o polimetafosfato de sódio e o EDTA (etileno-diaminotetraacético) que complexam o cálcio em dissolução (amaciador) ou decompõem o calcário (destartarante).

Para as pastas à base de EDTA, o tempo de reacção varia entre uma meia hora a té 24 horas.

#### 5.2.4.4 SOLVENTES ORGÂNICOS

Os solventes orgânicos apenas são aplicados para se eliminarem manchas específicas (ver o art.º 8.1) e os *grafitti* [24].

#### 5.2.4.5 TENSIOACTIVOS

Os tensoactivos podem exercer acções amolecedoras, espumantes, detergentes, dispersantes ou emulsionantes em função da sua natureza. O seu papel na limpeza é o de diminuir a tensão superficial das soluções aquosas, permitindo assim um melhor contacto com a sujidade, e de tornar solúveis por emulsão certas substâncias tais como os óleos e as gorduras.

Constituem-se cadeias carbonatadas nas quais ficam agarradas uma ou mais grupos hidrófilos, cuja natureza origina quatro categorias de produtos :

- Os tensoactivos catiónicos (de carga positiva) são geralmente derivados das aminas. Têm uma acção desinfectante. Todavia, como são facilmente absorvidos pelos materiais, não podem servir para a sua limpeza.
- Os tensoactivos aniónicos (de carga negativa) são os mais correntes. Os sulfonatos de sódio, entre os mais utilizados, reagem com as pedras calcárias e, por isso, têm a tendência de solidificarem a sujidade. O emprego dos detergentes aniónicos (sais sódicos) é desde logo de se evitar sobre materiais muito porosos e sobre as juntas.
- Os tensoactivos anfotéricos, possuem por sua vez grupos positivos e negativos.
- Os tensoactivos não iónicos são principalmente derivados do óxido de etileno. Não apresentam os inconvenientes dos três primeiros. Os detergentes não iónicos são os menos perigosos, mas, sendo higroscópicos, podem ser difíceis de eliminar.

#### 5.2.4.6 ENZIMAS E BACTÉRIAS

Utilizadas desde há numerosos anos na indústria alimentar e como aditivos dos detergentes, os enzimas parecem ver o seu domínio de actividade alargar-se à limpeza das fachadas. Utilizam-se, para este efeito, “cocktails” à base de celulose, cujas composições exactas (detergentes, agentes tixotrópicos, ...) são por enquanto mantidas confidenciais.

No entanto os enzimas não agem isolados, mas podem acelerar ou aumentar a eficácia de certos processos de degradação das deposições (em combinação, por exemplo, com os detergentes).

Entretanto, actualmente existem numerosas limitações à utilização dos enzimas na limpeza das fachadas, que respeitam entre outras à necessidade de se trabalhar dentro de gamas de temperatura muito elevadas e em intervalos de pH muito limitados.

Para sermos exaustivos, assinalemos a utilização de certas bactérias (*desulfovibrio desulfulricans*) para a conversão do gesso em calcário com desprendimento parcial das deposições e limpeza parcial das pedras. Da mesma forma, a “biomineralização” utiliza a capacidade de certas bactérias para precipitar o carbonato de cálcio, com o fim de se obter um endurecimento das pedras brandas ou alteradas. Estes métodos de regeneração das pedras calcárias alteradas são contudo de utilização excepcional, tendo em conta as necessárias condições de trabalho difíceis de manter em estaleiro.

## 5.3 LIMPEZA MECÂNICA

A limpeza mecânica pode ser executada de diferentes formas, sendo a escovagem provavelmente a mais elementar. O *desgaste* está no limite do que se pode qualificar como técnica de limpeza, enquanto que a *abrasão* ou o *polimento* devem ser assimilados ao tratamento de fachadas propriamente ditos, sendo certo que a parte superficial do material da fachada é, por definição, eliminado.

As formas de limpeza mecânica mais espalhadas e mais conhecidas são as técnicas de projecção de granulados. A expressão “jacto de areia” está frequentemente assimilada, em linguagem corrente, à acção de limpeza.

### **5.3.1 ESCOVAGEM A SECO OU DESPOEIRAMENTO**

Este método consiste em se efectuar uma escovagem manual com o emprego de uma escova dura não metálica, cuja dimensão está relacionada com o relevo da fachada.

Utilizada isoladamente, ela é, na maioria dos casos, insuficiente para se obter uma boa limpeza, com excepção talvez para as fachadas caiadas ou pintadas em que se quer conservar o revestimento, para o refrescar com uma nova camada de cal ou de pintura.

### **5.3.2 POLIMENTO, RECTIFICAÇÃO OU DESGASTE**

Estes métodos consistem em se tratarem as zonas degradadas ou alteradas retirando-se, por meio de uma rectificadora ou de uma mó de esmeril, uma certa espessura à superfície do material, com o objectivo de lhe devolver o seu aspecto novo ou de se corrigirem certas desigualdades. Salvo em casos particulares, estas intervenções são de se proibirem nas fachadas históricas ou nos monumentos classificados.

Estes procedimentos, de uso corrente em oficinas de corte da pedra, apenas são excepcionalmente usados em obra, tendo-se em conta os danos originados e as dificuldades em se obter manualmente uma complanieridade suficiente em grandes superfícies.

### **5.3.3 TÉCNICAS DE PROJECCÃO DE GRANULADOS COM AR COMPRIMIDO**

#### **5.3.3.1 DEFINIÇÃO E EXECUÇÃO**

Estas técnicas consistem em se projectarem granulados por meio de ar comprimido. Conforme se use água ou não, faz-se uma distinção entre técnicas de projecção hidropneumática e técnicas de projecção a seco.

Para todas as técnicas de projecção de granulados, o resultado de uma limpeza de fachada depende essencialmente da competência do executante e de uma boa definição dos parâmetros de execução em função da natureza dos materiais a limpar e do seu estado. Entre os parâmetros importantes, citem-se :

- A geometria e o diâmetro de abertura do bico de projecção;
- A dureza, a forma (redonda ou angulosa), a densidade e a granulometria do material projectado;
- A pressão do ar, a distância de trabalho e o consumo do granulado.

A distância entre a (as) extremidade (s) do bico de projecção e o suporte depende da natureza e do estado do material a limpar, e pode variar entre 0,30 e 0,80m. Salvo prescrições especiais, a extremidade do bico é mantida obliquamente em relação à superfície a limpar. Trabalha-se com movimentos de varrimento horizontais ou verticais.

Geralmente, para uma determinada obra, o executante escolhe, no início do trabalho, a acção abrasiva do jacto de granulados que permite obter-se o resultado desejado em função das características da superfície (deposições, escultura, dureza do ou dos materiais, alterações, ...). Adaptações pontuais do efeito de abrasão são depois obtidas pela modificação da distância e do ângulo de projecção. Existem no entanto equipamentos recentes que permitem ao executante uma adaptação directa dos diferentes parâmetros de execução.

O resultado final é influenciado pelo método escolhido, pelos parâmetros de execução e pelo cuidado posto durante a aplicação. Nesta óptica, os parágrafos seguintes examinam em pormenor os parâmetros mais importantes, a saber :

- A granulometria
- Os granulados (densidade, dureza, forma, ...)
- A pressão do ar da projecção.

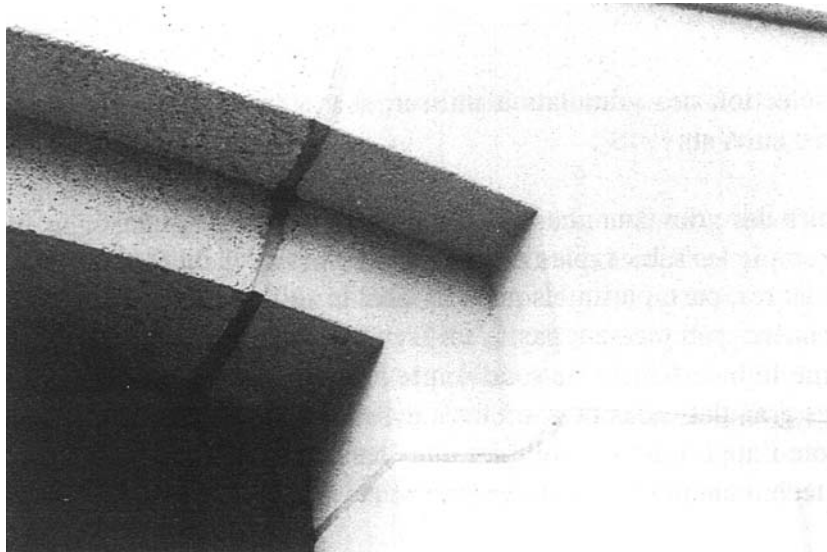
## GRANULOMETRIA

A granulometria exerce uma influência muito importante no impacto do granulado : nas fórmulas de cálculo da energia cinética e do impacto, o diâmetro dos grãos intervém na terceira potência.

Frequentemente, a granulometria média empregue situa-se entre 0,1 mm (100 $\mu$ ) e 0,3 mm (300 $\mu$ ). Para a limpeza de materiais brandos ou alterados, utilizar-se-ão de preferência granulados finos (vizinhos ou inferiores a 02 mm [200 $\mu$ ]).

Optar-se-á sempre por granulados contendo um máximo de grãos da dimensão desejada, sendo certo que :

- As partículas muito finas favorecem a produção de poeiras;
- As partículas grossas causam alterações por impacto.



**Fig. 9** A superfície do material não fica quase nada danificada se os parâmetros de execução forem bem escolhidos.

## GRANULADOS

Para a selecção dos granulados a usar, devem-se ter em conta entre outros os seguintes parâmetros :

- A natureza dos granulados : certos granulados podem libertar sílica, como por exemplo as areias quartzosas ou siliciosas (areias de Mol ou de Maastricht), enquanto que outros, entre os quais podemos citar a areia de olivina e o vidro triturado, praticamente não a contém. A eventual utilização de granulados solúveis na água (como o bicarbonato de sódio), prevista em certos procedimentos,

apresenta a vantagem de que os granulados não são evacuados na forma sólida. Todavia, os perigos que apresenta a adição de sais solúveis aos materiais da fachada levam a desaconselhar esta técnica para os suportes porosos.

- A forma dos granulados : a eficácia dos granulados angulosos é superior à dos granulados arredondados. Os primeiros limpam por abrasão, enquanto que os segundos agem por fractura superficial do material da fachada. Por esta razão e a título de exemplo, o vidro triturado é geralmente preferível às esferas de vidro para a limpeza corrente de fachadas.
- A dureza dos granulados : para uma limpeza eficaz, a dureza dos granulados deve ser superior à do material e eliminar. Por outro lado, o efeito abrasivo e os riscos de alterações aumentam com a dureza.
- A densidade ou massa volúmica dos granulados : a densidade dos granulados intervém igualmente nas fórmulas de cálculo da energia cinética e do impacto dos grãos.
- A cor dos granulados : em certos casos, o cor dos granulados pode ter um efeito nefasto sobre o resultado – a utilização de granulados de cor escura está desaconselhado na limpeza de materiais de tonalidade clara, e isto, quanto mais estes últimos apresentem uma textura superficial mais aberta.

O consumo de granulados é função da natureza e do estado dos materiais a limpar, tal como da granulometria e das pressões de trabalho. Situa-se geralmente entre os 3 e os 6 kg/m<sup>2</sup>.

A tabela 1 retoma, a título indicativo, algumas características dos granulados mais vulgarmente usados.

## PRESSÕES DE AR DE PROJECÇÃO

A pressão de trabalho varia em função da técnica utilizada, dos granulados projectados e do suporte. Com base nos ensinamentos recolhidos em trabalhos de pesquisa (ver a seguir), em acompanhamentos de obra e em discussões no grupo de trabalho, podemos fazer as seguintes constatações :

- Para granulados “correntes” (0,1 mm [100μ] a 0,3 mm [300μ]) : geralmente regista-se uma boa eficácia a partir de pressões da ordem dos 0,2 a 0,3 Mpa; pressões inferiores não se justificam quase sempre por terem resultados insuficientes como consequência, mesmo a fracas distâncias de projecção (0,25 m). Pressões ligeiramente superiores (0,3 a 0,5 Mpa) permitem melhorar o rendimento, mas aumentando paralelamente os riscos de ataque ao suporte. Na maioria dos casos, pressões superiores a 0,5 Mpa não se justificam em fachadas.
- Para granulados “muito finos” (inferiores a 0,1 mm [100μ]) : se certos equipamentos especiais permitem a projecção deste tipo de granulados, as pressões de trabalho podem ser aumentadas à medida que os grãos são mais finos, a fim de se conservar um poder de abrasão suficiente e distâncias de trabalho práticas.

Os caudais de ar comprimido variam entre 1,5 e 6 m<sup>3</sup>/minuto.

## LIÇÕES DOS TRABALHOS DE PESQUISA

Alguns ensaios de orientação levados a cabo in situ com o emprego de diferentes granulados com diversas dimensões, sobre pedras calcárias brancas (pedra de Gobertange) fortemente recobertas por deposições mas sem crostas puseram em evidência a excelente eficácia dos granulados de vidro triturado com uma granulometria de cerca de 0,15 mm (150μ).

Para um material de desgaste hidropneumático clássico e para os granulados anteriores, pressões de trabalho inferiores a 0,1 Mpa mostraram-se insuficientes, mesmo a uma distância de projecção fraca (0,25 m). A 0,2 Mpa e para uma distância de projecção do granulado de 0,4 m, nota-se uma boa eficácia nas limpezas e uma alteração mínima do suporte. Pressões da ordem dos 0,3 Mpa permitem aumentar a eficácia da limpeza e o rendimento sem aumentos demasiadamente sensíveis do ataque aos suportes. A partir de pressões de 0,4 Mpa, regista-se uma alteração sensível da superfície da pedra considerada.

### 5.3.3.2 TÉCNICAS DE PROJECCÃO HIDROPNEUMÁTICA

Estes procedimentos, que são as técnicas de projecção actualmente mais usadas, consistem em se utilizarem simultaneamente o ar comprimido, os granulados e a água.

#### ADIÇÃO DE ÁGUA

De maneira geral, o caudal de água é regulado previamente na quantidade mínima permitindo revestir os granulados e as sujidades levantadas e reduzir as poeiras desenvolvidas durante o trabalho. A quantidade de água a empregar é tanto mais importante quanto mais finos forem os granulados. Em função desta técnica, são necessários consumos de água de 5 a 250 litros / hora, com valores correntes de 30 a 60 litros / hora.

Após a limpeza, a superfície é enxaguada a baixa pressão com o fim de se evacuarem os eventuais depósitos de granulados e de sujidades removidas.

Em relação à projecção a seco (ver art.º 5.3.3.3) e com parâmetros semelhantes, a adição de água deveria atenuar um pouco a força de impacto dos granulados projectados, com, em paralelo, uma ligeira redução do rendimento.

Lembremos todavia que a intensidade da abrasão tal como o rendimento dependem principalmente da granulometria das areias e da pressão do ar usados; estes devem ser definidos em função da natureza e do estado dos materiais e limpar.

Em certos casos, pode ser útil pulverizar a água de maneira a embeber as deposições antes do emprego dos materiais abrasivos.

#### EQUIPAMENTOS

As técnicas de projecção hidropneumática existem sob diferentes denominações comerciais, frequentemente directamente ligadas à utilização de uma máquina específica. Em função desta última, o ar comprimido, os granulados e a água são misturados em mecanismos diferentes ou de maneiras específicas.

O equipamento mais corrente é constituído por duas mangueiras distintas e por dois bicos de projecção paralelos, um para a água e o outro para os granulados transportados pelo ar comprimido (técnica correntemente denominada como *desgaste hidropneumático*).

Existem igualmente equipamentos com duas mangueiras e um bico de projecção comum, onde a água é adicionada à mistura granulados – ar comprimido quer antes quer no próprio bico de projecção. Neste último caso, é possível criar-se um movimento em turbilhão no interior do bico de projecção pela judiciosa disposição das chagadas da água e da mistura granulados – ar comprimido (figura 10) [35], por forma a se obter um variado ângulo de ataque ao material de suporte.

Outros procedimentos só usam uma mangueira para conduzir ao bico de projecção, por meio do ar comprimido, uma mistura de água e de granulados.

É igualmente possível utilizar-se três diferentes mangueiras para o ar comprimido, para os granulados e para a água [15, 25].

O equipamento usado pode ter uma influência sensível nos parâmetros da limpeza.



**Fig. 10** Equipamento de projecção com duas mangueiras e um bico de projecção.

#### ASPECTOS POSITIVOS

- Como se trata de uma limpeza por acção abrasiva, este procedimento permite em princípio eliminarem-se todas as formas de deposição.
- Um trabalho cuidadoso tendo em conta os parâmetros já referidos permite obter-se um bom estado de limpeza sem danos consideráveis nos materiais e conservar-se a patine.
- A produção de poeiras é fraca ou nula; granulados e sujidades ficam ligados à água.

#### ASPECTOS NEGATIVOS

- De forma geral, as técnicas de projecção não são adequadas às superfícies lisas ou polidas.
- Em materiais heterogéneos ou em fachadas compostas por diferentes materiais, existe uma possibilidade de erosão excessiva das partes brandas.
- Uma escolha incorrecta dos granulados e das pressões de trabalho pode danificar o suporte.
- Durante a execução, os materiais da fachada humidificam-se e mudam de tonalidade, o que torna por vezes difícil a distinção entre zonas já limpas mas escuras e partes onde as sujidades ainda não foram eliminadas.
- Granulados, sujidades e água formam um lodo, que é necessário remover.

## CONCLUSÕES

Para a maioria das técnicas de projecção hidropneumática, a escolha judiciosa dos granulados e dos parâmetros de execução permite eliminar-se radicalmente as sujidades sem alterações sensíveis dos materiais de fachada correntes. O resultado final depende em grande parte de uma selecção óptima dos parâmetros, da competência do operário e do cuidado empregue na execução.

### 5.3.3.3 TÉCNICAS DE PROJECCÃO A SECO

As técnicas de projecção a seco (N.T. – “jacto de areia”) consistem em se projectarem granulados com a ajuda de ar comprimido.

#### ESCOLHA DOS GRANULADOS

Os procedimentos de projecção a seco actualmente comercializados visam praticamente todos utilizar granulados muito finos, de dimensões o mais das vezes inferiores a 0,15 mm [150 $\mu$ ] ou mesmo inferiores a 0,1 mm [100 $\mu$ ]. A projecção a seco com granulados superiores a 0,2 mm [200 $\mu$ ] deve ser reservada à limpeza de pedras rugosas e muito duras (pedras calcárias azuis, por exemplo) ou à eliminação de pinturas e caiações sobre alvenarias compactas.

As condições de trabalho durante a projecção a seco, impostas pelo Regulamento geral para a protecção do trabalho (RGPT) [21], aplicam-se igualmente ao tratamento de fachadas, nomeadamente no que respeite à utilização a seco de granulados e especialmente daqueles que contenham uma certa proporção de sílica livre.

No caso de utilização de granulados que contenham menos que 1% de sílica livre, como a olivina, o vidro triturado, o basalto, ..., deve-se chamar a atenção para o facto de que o perigo de silicose subsiste no caso de projecção sobre materiais contendo eles mesmos algum quartzo (juntas em argamassa, betões, ...).

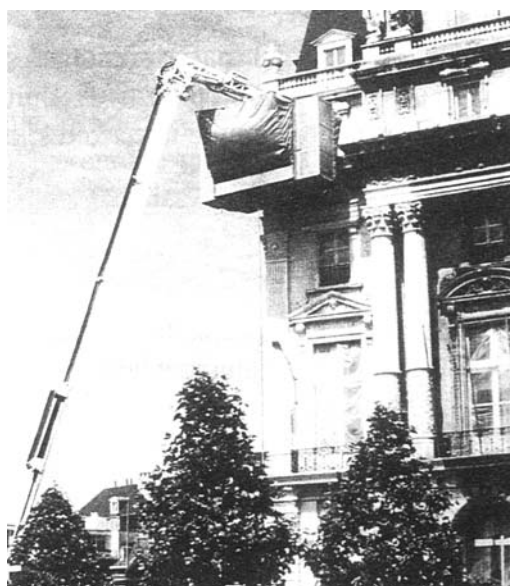
Deve-se insistir no perigo que apresenta, para a saúde do operário, a eliminação a seco das tintas à base de alvaide, quaisquer que sejam os granulados utilizados.

#### EQUIPAMENTOS

A projecção a seco deve, salvo casos excepcionais, ser acompanhada por um sistema de captação de poeiras. Em função das técnicas, existem dispositivos diferentes para se limitarem os inconvenientes ligados à libertação de poeiras. Pode-se, por exemplo, prever uma captação das poeiras directamente ao redor da zona de trabalho ou operar numa cabina móvel posta em depressão e munida de filtros.

Certos bicos de projecção estão equipados com um conjunto de microjactos multidireccionais rotativos, de maneira a se obter um ângulo de ataque sobre o suporte variável.

Frequentemente, os nomes comerciais estão ligados à utilização de equipamentos específicos.



**Fig. 11** Equipamento para a projecção a seco munido com um sistema de captação de poeiras. Cabine móvel posta em depressão.

Certos sistemas prevêem ainda a possibilidade de recuperação e de reciclagem dos granulados usados por meio de um sistema de despoeiramento.

#### ASPECTOS POSITIVOS

- Como se trata de uma limpeza abrasiva, em princípio este procedimento permite eliminar todas as crostas.
- Se o impacto do granulado for limitado, a superfície praticamente não é danificada e a patine dos materiais pode ser conservada.
- As técnicas de projecção a seco podem igualmente ser aplicadas nos casos em que a utilização de água for impossível ou proibida.
- O operador vê a superfície limpa com o seu aspecto definitivo (nada de superfícies molhadas mais escuras).

#### ASPECTOS NEGATIVOS

De maneira geral, as técnicas de projecção a seco não são convenientes nas superfícies lisas ou polidas.

Em materiais heterogéneos ou em fachadas compostas por materiais diferentes, existe uma possibilidade de erosão preferencial das partes mais brandas.

Uma má escolha dos granulados e das pressões de trabalho pode danificar o suporte.

Se os granulados utilizados ou os materiais de suporte contiverem sílica, a inalação das poeiras libertadas provoca sérios riscos de doenças respiratórias e pulmonares.

Sem qualquer dispositivo especial (por exemplo, um sistema de aspiração), a projecção a seco com inertes finos ( $< 0,15$  mm ou  $150 \mu$ ) produz uma libertação de poeiras muito importante e totalmente incompatível com o respeito pelo ambiente.

#### CONCLUSÕES

Para as técnicas de projecção a seco, a escolha judiciosa dos parâmetros de execução permite eliminarem-se radicalmente as sujidades sem alterações sensíveis do material da fachada. Tal como nas técnicas de projecção hidropneumática, o resultado final depende em grande parte de uma selecção ideal dos parâmetros, da competência do operário e do cuidado usado na execução.

### 5.3.4 HIDROJACTO

O hidrojecto consiste em se projectar uma mistura de granulados e água sobre a fachada, sem se usar ar comprimido. O granulado é transportado pela água a alta pressão do aparelho de limpeza.

Actualmente, o hidrojecto opera-se a muito alta pressão – por vezes nitidamente superior a 5 Mpa – o que frequentemente provoca danos importantes em consequência do impacto dos granulados no material da fachada. Ainda por cima, o operador é frequentemente obrigado a limpar às cegas, já que as “lamas projectadas” o impedem de se aperceber dos resultados já conseguidos durante a operação. Uma tal técnica de hidrojecto a alta pressão está desaconselhada em fachadas, salvo em casos excepcionais.



**Fig. 12** Danos provocados pelo hidrojecto a muito alta pressão.

## 5.4 TÉCNICAS ESPECIAIS

Além das técnicas anteriormente referidas, existem algumas outras que não são ou ainda não são aplicadas em grande escala na limpeza de fachadas.

### 5.4.1 PROJEÇÃO DE NEVE CARBÓNICA

Projectam-se partículas com alguns  $\text{mm}^3$  de  $\text{CO}_2$  a muito baixa temperatura ( - 80°) sobre a fachada com deposições. Ainda que se trate de uma técnica de projecção, ela não faz verdadeiramente parte dos procedimentos mecânicos de limpeza. No momento do impacto das partículas frias de  $\text{CO}_2$ , produz-se simultaneamente um efeito mecânico de esmagamento das partículas, um efeito de sopro ligado à vaporização quase instantânea do  $\text{CO}_2$  e um choque térmico superficial muito importante.

A vantagem deste método é que ele não produz mais detritos que as deposições eliminadas. Esta técnica utiliza apenas água e, portanto, convém em princípio e muito particularmente às aplicações no interior da edificação.

Ela é usada desde há algum tempo para se limpem estruturas de maquinas e elementos em aço. A experiência no domínio das fachadas é ainda deficiente e as primeiras experiências levadas a cabo pelo CSTC sobre materiais pétreos revelam riscos importantes de degradação por descamação superficial sob efeito dos choques térmicos.

### **5.4.2 MASSAS DE POLIMENTO**

Aplica-se na fachada uma massa especial à base de argila. A superfície é esfregada à mão por meio de um trapo até que a massa tenha descolado e absorvido a sujidade. Liberta-se de seguida o material limpo de todas as deposições soltas por meio de um pano ou de uma esponja húmida. Este método pode dar resultados particularmente bons em materiais pouco porosos ou lisos, tais como os mármore.

Sendo certo que a massa não é quimicamente activa mas serve sobretudo como meio abrasivo, este método deve ser classificado entre as técnicas de limpeza mecânica mais do que entre as químicas.

O polimento com o auxílio de uma massa especial de argila necessita de muita mão-de-obra. Só aplicada excepcionalmente, quando outros sistemas não podem ser usados como, por exemplo, no interior das edificações.

### **5.4.3 MASSA DE LIMPEZA PARA A ELIMINAÇÃO DE SUJIDADES NO INTERIOR DAS EDIFICAÇÕES**

Aplica-se sobre o suporte uma massa de limpeza especial à base de borracha natural. Esta massa é quimicamente pouco activa e forma, durante a secagem, um filme, no qual as sujidades, as poeiras, ... ficam aderentes. Após a completa secagem, o filme é removido por esfolamento, eliminado-se assim as sujidades de uma forma mecânica.

Uma tal massa pode ser usada para a limpeza das pedras naturais, do gesso, do estuque, ...

Este método apresenta a vantagem de não produzir outros lixos para além dos filmes secos contendo as sujidades eliminadas. Não usa água e, portanto, convém em princípio e muito particularmente às aplicações no interior das edificações.

### **5.4.4 LIMPEZA POR LASER**

Esta técnica permite limpar tanto mais facilmente os materiais pétreos quanto a sua tonalidade for clara e a sujidade for escura e superficial.

Durante um curto lapso de tempo, um feixe de energia intensa é projectado sobre uma pequena área por meio de um raio laser. A camada de sujidade absorve essa energia, aquece intensamente e é sublimada. O material subjacente reflecte o feixe de energia e não sofre os seus efeitos directos.

As primeiras experiências conduzidas sobre materiais pétreos parecem confirmar que esta técnica interessa particularmente para se eliminarem camadas escuras sobre materiais de tonalidade clara.

O uso do laser pode alterar a tonalidade de certos materiais de cor carregada (tijolos, pedras calcárias azuis, ...) e despolir certos materiais, como por exemplo o mármore branco.

Durante a utilização da técnica laser, devem-se proteger os olhos dos aplicadores e tomarem-se precauções adequadas. Actualmente reservado às obras de grande valor, este método relativamente lento acumula uma excelente eficácia, um ataque aos materiais negligenciável e um impacto mínimo sobre o ambiente.



## 6 ESCOLHA DAS TÉCNICAS

Um método de limpeza ideal elimina um máximo de deposições e um mínimo de material. Na prática, procura-se sempre um compromisso, que é função das possibilidades técnicas e económicas, assim como do valor dos elementos a limpar.

### 6.1 QUADRO INDICATIVO

A natureza e o estado do material da fachada, por um lado, e a intensidade da deposição, por outro, determinam a escolha do método susceptível de oferecer tecnicamente os melhores resultados sobre cada fachada bem específica.

O quadro 2 indica os métodos que, em função dos materiais, se podem revelar mais ou menos apropriados para a limpeza das fachadas. Os materiais mais correntes estão aí apontados.

As diferentes técnicas de limpeza aparecem sob uma denominação resumida fazendo no entanto referência à correcta aplicação da técnica, tal como descrita neste documento no parágrafo mencionado.

A apreciação «aconselhado» indica que o método em questão permite uma eliminação relativamente boa das deposições, sem alterações sensíveis do material suporte.

Onde dois símbolos forem indicados no quadro, o primeiro refere-se à limpeza de materiais fortemente incrustados e o segundo à manutenção de materiais poucos cobertos por deposições.

Para os monumentos classificados, a escolha do método realiza-se de maneira mais estrita, limitando-se por exemplo às técnicas muito pouco ou não abrasivas.

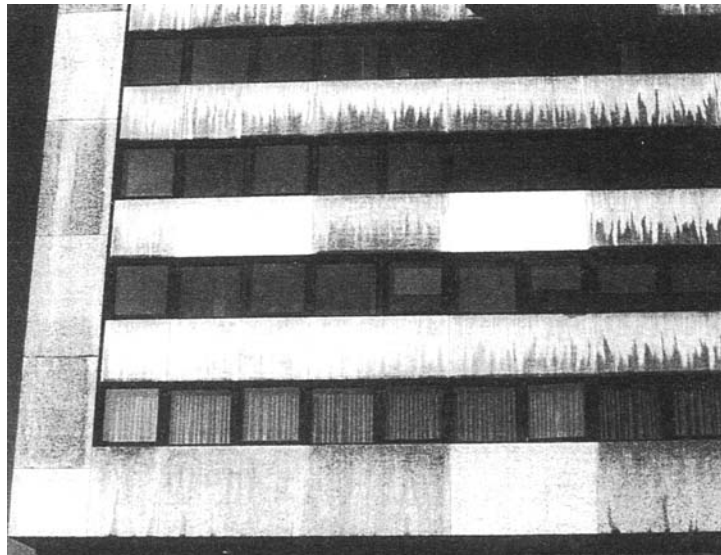
É evidente que este quadro não pode substituir a competência e a experiência. Apenas pode ajudar numa primeira selecção dos métodos de limpeza utilizáveis em função de critérios técnicos, devendo esta escolha ser ponderada em função de condições específicas da obra ou de critérios económicos.

## 6.2 ENSAIOS PRELIMINARES

Os procedimentos seleccionados com base no quadro deverão ser de seguida objecto de ensaios preliminares. Apesar do facto de estes serem apenas limitados, por definição, a uma zona bem determinada e de dimensões restritas (da fachada), são, de qualquer forma, úteis para se reduzirem os riscos de divergências a posteriori.

Em trabalhos importantes, as experiências de limpeza devem ser efectuadas antes do estabelecimento do Caderno de Encargos, por forma a que a técnica de limpeza e os parâmetros de execução possam aí serem definidos em pormenor e melhor acompanhados durante a execução dos trabalhos.

Para trabalhos de menor dimensão, a escolha do método pode ser baseada no quadro 2. Uma experiência preliminar numa zona representativa permite definir-se os parâmetros de execução a serem respeitados. Pode ser previsto um ajustamento destes parâmetros durante a execução dos trabalhos.



**Fig. 13** Ensaio preliminares.

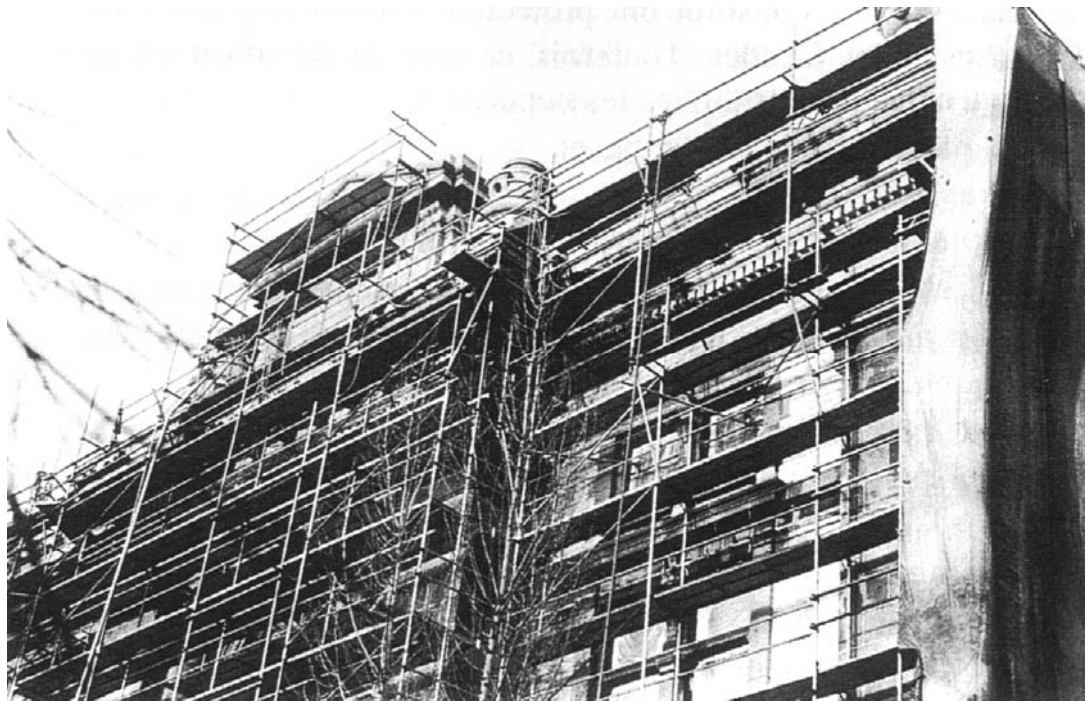


## 7 PROTECÇÃO DAS SUPERFÍCIES NÃO SUBMETIDAS À LIMPEZA

De uma maneira geral, a protecção das superfícies não sujeitas à limpeza deve ficar em obra até à conclusão dos trabalhos de restauração, ou de eventuais trabalhos de consolidação nos quais se incluem os de hidrofugação. Os métodos de protecção mais usados são os seguintes :

- Um *filme de polietileno transparente*, colado na sua periferia por meio de fita adesiva de papel (tipo “bate-chapas”), constitui uma protecção barata, quase universalmente usada em limpeza de fachadas. Todavia, este tipo de fita é sensível aos ultravioletas e pode levantar dificuldades de eliminação importantes se for deixada aplicada durante alguns dias. Neste caso e, por exemplo, para trabalhos de limpeza seguidos por outras intervenções, é aconselhável escolherem-se fitas adesivas menos sensíveis ao envelhecimento, por exemplo do tipo PVC plastificado com cola à base de borracha. Estes produtos apresentam igualmente uma melhor resistência aos produtos de limpeza e aos solventes e uma melhor aderência sobre as superfícies poeirentas ou ligeiramente húmidas.
- Uma *protecção mecânica em madeira*, frequentemente usada para proteger os vitrais de monumentos históricos. Para se favorecer a estanqueidade à água, as juntas entre a alvenaria e a protecção em madeira podem ser refechadas por meio de um mastique de silicones acético. A característica acética deve ser respeitada por causa da aderência limitada (sem primário) de tal mastique sobre os materiais de fachadas porosos e, portanto, das suas possibilidades de descolagem após os trabalhos. Este sistema oferece uma excelente protecção mecânica contra as quebras de vidros, mas traz problemas de luminosidade ou de visibilidade evidentes.
- Uma solução mista é constituída por um filme de polietileno transparente montado sobre um caixilho de madeira fixado como foi descrito no ponto precedente.
- Em caso de módulos de geometria repetitiva, pode ser prevista uma protecção móvel total ou parcial sob a forma de painéis deslocáveis em função do avanço da limpeza.

Outras técnicas de protecção, como, por exemplo, filmes autocolantes ou vernizes peláveis após a execução dos trabalhos, apenas são usados muito excepcionalmente.



**Fig. 14** Protecção das superfícies não submetidas à limpeza.



## 8 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

### 8.1 REMOÇÃO DE MANCHAS [9]

#### 8.1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

A remoção de manchas é sempre uma operação extremamente delicada, cujo sucesso está subordinado ao conhecimento e à observação de alguns princípios básicos :

- Conhecer-se a natureza e a origem da mancha constitui uma informação primordial que permite escolher-se o removedor adequado.
- Evitar-se utilizar não importa qual produto nem como. Com efeito, o não respeito deste princípio arrisca frequentemente acentuar a mancha, fazê-la penetrar no suporte e comprometer a sua eliminação definitiva.
- Agir rapidamente. Quanto mais recente for a mancha, mais fácil será fazê-la desaparecer.
- Tapar (e não esfregar a mancha) com um papel absorvente embebido ou não com um produto de remoção.
- Realizar sempre um ensaio de orientação a fim de testar a eficácia e os eventuais efeitos secundários de produto de remoção. Em caso de igualdade de eficácia, seleccionar produtos sob a forma de gel ou pastosos, porque são mais fáceis de aplicar em superfícies verticais e são susceptíveis de reduzirem os problemas de formação de auréolas por terem uma menor penetração nos suportes.

#### 8.1.2 SISTEMAS DE REMOÇÃO

O quadro 3, inspirado na Nota de informação técnica n.º 183 [9] e em diversos artigos sobre o assunto, indica alguns sistemas de remoção para as manchas mais correntes.

Os métodos propostos não excluem nunca a realização de um ensaio prévio sobre uma área restrita e, em caso de resultados insuficientes, o contacto com um laboratório especialista, como por exemplo o laboratório de Química do CSTC.

Atenção : os produtos usados para a remoção de manchas podem ser tóxicos e / ou perigosos. Devem-se respeitar as precauções de utilização mencionadas nas embalagens e, em todo o caso, usar óculos de protecção e luvas, ventilar os locais de trabalho, proibir fumar, ...

## **8.2 LIMPEZA DE ELEMENTOS METÁLICOS [12]**

### **8.2.1 ELEMENTOS EM BRONZE**

Na maioria dos casos, o metal está relativamente pouco corroído relativamente à espessura das chapas. À partida, o tratamento de superfície das esculturas pode muito frequentemente ser realizado no local sem desmontagem prévia. A limpeza deve apenas servir para desembaraçar as esculturas das partículas móveis (sujidades, líquenes, musgos, sais solúveis, ...) e não para uma “reposição do novo” e seguramente também não para por a nu a superfície do metal (perda inútil de matéria).

Neste contexto, é recomendável limpar-se periodicamente os bronzes exteriores à escova e com água quente (mesmo sem detergente). A utilização judiciosa de uma máquina de lavagem de água à pressão (geralmente inferior a 5 Mpa) pode prestar grandes serviços, se não existir nenhuma anomalia que impeça a sua utilização. Para se alcançar o “limpo”, o “jacto de areia” ou qualquer outro procedimento drástico, como o polimento, deve ser recusado.

Para os bronzes dourados, a atenção deve ser dirigida para a corrosão que se pode instalar sob o dourado. A decapagem química ou o adequado “jacto de areia” se forem necessários ao tratamento só podem ser encarados após um exame aprofundado do estado.

### **8.2.2 SERRALHARIAS**

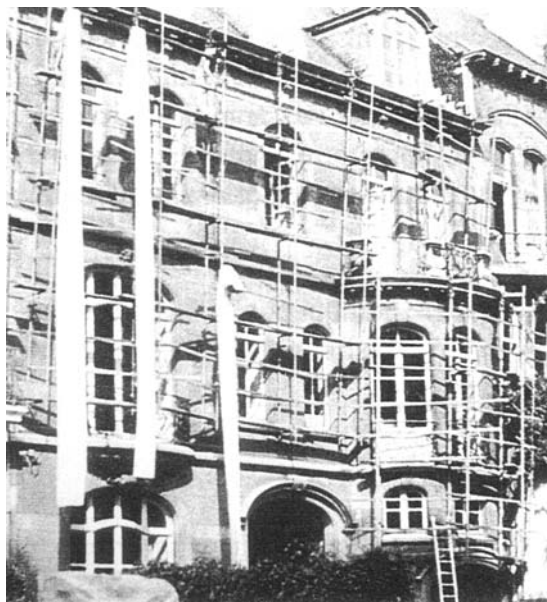
Poucos produtos anti-corrosão para serralharias resistem às intempéries mais que 10 anos. Devem ser renovados antes que a ferrugem se desenvolva profundamente na estrutura de ferro.

A limpeza, salvo no caso de manutenção, servirá para se eliminarem as pinturas e a ferrugem. Trata-se sempre de uma decapagem, tal como a projecção de granulados, por exemplo. Em elementos com valor histórico, é sempre desejável proceder-se ao exame e à análise das camadas de pintura antes de qualquer decapagem. Este diagnóstico permite estabelecer-se a paleta de cores original (e / ou a eventual presença de dourados).

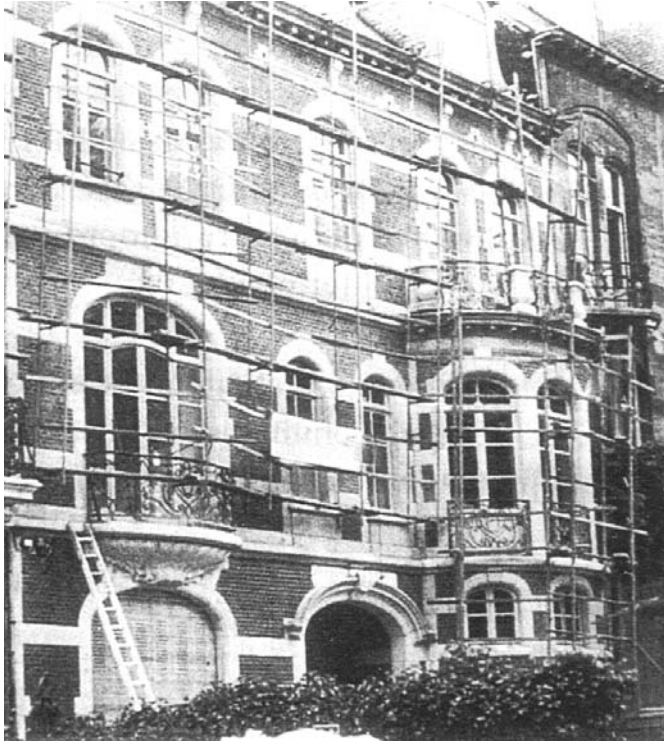
## 8.3 OUTROS TRATAMENTOS DE RENOVAÇÃO DAS FACHADAS

Só excepcionalmente é que os trabalhos em fachadas se limitam à limpeza simples. Com efeito, as crostas, a alteração e o envelhecimento andando sempre a par, é frequentemente necessário preverem-se outras intervenções de carácter curativo ou preventivo. No quadro desta Nota informativa Técnica, limitamo-nos a citar os mais correntes, fazendo referência à bibliografia sobre o assunto. Citemos entre outros :

- A reposição de juntas em mau estado [26].
- A consolidação da pedra [5, 10].
- As reparações de pedras por meio de argamassas de (ragréage) integração [10].
- Os tratamentos de hidrofugação [3, 5, 10, 30], que protegem as fachadas limpas de uma rápida alteração e de uma penetração em profundidade das crostas. Deveria ser sempre aplicada uma tela de protecção, após a limpeza, sobre materiais porosos que apresentem uma absorção de água elevada.
- Os tratamentos preventivos anti-grafitti [24], que facilitam a eliminação de manchas, de colas e de grafitti diversos, por meio de métodos de remoção de manchas simples e pouco agressivos.



**Fig. 15** Fachada antes da limpeza.



**Fig. 16** A mesma fachada de pois da limpeza.



**Fig. 17** A mesma fachada cinco anos após a limpeza.



## 9 CONCLUSÃO

Deve ficar bem claro que a limpeza de uma fachada não deve ser encarada apenas como uma intervenção de carácter estético visando restabelecer um estado de limpeza aceitável, mas igualmente como um meio de prolongar a vida dos materiais dessa fachada. Nesta óptica, a escolha preferencial de um ou de diversos métodos de limpeza deve permitir obter-se o aspecto de limpeza desejada, mas sem alterações sensíveis dos suportes.

Como não existe, que se conheça, uma técnica de limpeza universal, mas sim uma gama de diferentes procedimentos tendo cada qual as suas vantagens mas igualmente os seus inconvenientes, a escolha do executante depende de numerosos parâmetros ligados entre outros factores à natureza, à incrustação e ao estado de alteração dos materiais, bem como ao valor histórico ou arquitectural da fachada, ...

A presente Nota informativa técnica, elaborada em comum por um grupo de especialistas na matéria, tem como objectivo dar uma ajuda útil a esses executantes, aos arquitectos e aos donos de obra numa primeira selecção dos procedimentos. Após uma descrição dos métodos de limpeza mais divulgados nos nossos dias, encontramos um quadro de utilização das técnicas em função dos materiais que mais vulgarmente se encontram nas fachadas do nosso país.

Esta primeira selecção com base no quadro não exclui de modo nenhum a realização de um ou de diversos ensaios preliminares in situ sobre uma zona restrita. Estes ensaios devem permitir afinarem-se as escolhas realizadas tal como apreciar-se a sua eficácia, mas também os eventuais efeitos secundários das intervenções e de se reduzirem os riscos de divergências a posteriori.

As indicações constantes do quadro 3 em geral aplicam-se directamente às construções do património corrente. Em caso de obras classificadas, pode-se ser levado a fazer uma selecção mais estrita pondo a tónica na salvaguarda dos materiais.

Assinalemos enfim que para todas as técnicas, o resultado de uma limpeza não é só dependente da escolha de um método e de parâmetros apropriados, mas depende também da competência do executante e do cuidado posto na execução dos trabalhos.

**QUADRO 1** Características de granulados projectados.

GRANULADO (NOME CORRENTE)	NATUREZA	FORMA	DUREZA (MOHS)	MASSA VOLÚMICA (kg/m <sup>3</sup> )	COR INDICATIVA	OBSERVAÇÕES
Areia de Mol	Areia de quartzo (SiO <sub>2</sub> )	Granular	6,5 – 7,5	2650	Bege	Os mais usados em desgaste hidropneumático
Areia de Maastricht	Areia de quartzo (SiO <sub>2</sub> )	Granular	6,5 – 7,5	2650	Bege	
Olivina	Ortosilicato de ferro e de magnésio	Granular	6,5 – 7	3400	Verde	Substitui frequentemente as areias de quartzo na projecção a seco
Esferas de vidro	Silicatos alcalinos e alcalino-terrosos	Esférica	5,5	2450 – 2550	Transparente	Usados principalmente na preparação da superfície dos metais
Vidro triturado	Silicatos alcalinos e alcalino-terrosos	Angulosa	6 – 6,5	2450 – 2550	Transparente, verde, castanha	Pouco comercializados actualmente em granulometrias úteis para a limpeza de fachadas
Escórias	Silicatos e óxidos	Granular a angulosa	6 – 7	1500 – 3500	Cinzenta, bege	Pouco usados em fachadas
Basalto	Feldspato, piroxena e olivina	Granular	6 – 7	2600 – 3300	Cinzenta	Substitui por vezes as areias de quartzo na projecção a seco
Dolomite	Carbonatos de cálcio e de magnésio	Granular	3 – 3,5	2500	Cinzenta, bege	
Calcite	Carbonato de cálcio	Granular	3 – 3,5	2500	Cinzenta, bege	
Alumínio	Óxido de alumínio	Granular	9	3900	Branca, cinzenta	Muito duro, utilizações especiais função do seu custo
Granulados solúveis	Por ex. bicarbonato de sódio	Granular	-	2200	Branca	Problema de sais solúveis quando se trabalha com água ou no enxaguamento
Granulados vegetais	Por ex. cascas de noz, aparas de madeira	Irregular	1	1300 - 1400	Castanha, bege	Não usados em fachadas na Bélgica

**QUADRO 2** Escolha das técnicas.

MATERIAL DA FACHADA		TÉCNICA CORRENTE DE LIMPEZA							OBSERVAÇÕES
NATUREZA	CARACTERÍSTICA	COM ÁGUA			QUÍMICA		MECÂNICA (PROJECCÃO)		
		Vapor saturado (art.º 5.1.3)	Água a alta pressão (art.º 5.1.4)	Pulverizações repetidas (art.º 5.1.2)	Produtos tensoactivos (art.º 5.2.4.5)	Ácidos fluorídrico, oxálico, fosfórico (art.º 5.2.4.1)	Granulados clássicos (art.º 5.3.3) (2)	Granulados finos (art.º 5.3.3) (3)	
Tijolo (argila cozida)	Rugosa	□ / +	◆	◆	◆	□ / ◆	□ / ◆	+ / ◆	
	Lisa	+	□	◆	◆	□ / ◆	◆	□	
	Vidrada	□	□	◆	□	□ / ◆	◆	□ / ◆	
Tijolo Silico-calcário		◆	◆	◆	◆	□	◆	□	Material tanto mais difícil de limpar quanto mais profunda for a penetração da deposição; (→) Eventual projecção de granulados brandos e finos.
Pedra calcária branca	Porosa, branda, alterada	+	◆	□	◆	◆	◆	+ / ◆	
	Firme, dura	+	◆	+	◆	◆	□ / ◆	+ / □	
	Lisa	+	◆	□	◆	◆	◆	□	
Pedra calcária azul	Rugosa	□	+	□	□	◆	+ / □	□	Eventual emprego de um produto alcalino.
	Lisa	□	+	□	□	◆	□ / ◆	+ / □	Eventual emprego de um produto alcalino.
Grês	Branco	◆	◆	◆	◆	□	□	□	Material tanto mais difícil de limpar quanto mais profunda for a penetração da deposição.
	Outro	□	◆	◆	◆	□	□	□	

Mármore		□	+	+ / □	□ / +	◆ (→)	◆	◆ (→→)	(→) Eventual emprego de um reactivo à base de ácido oxálico; (→→) Eventual projecção de granulados brandos e finos.
Granito	Rugosos, flamejado	□ / +	□ / +	□	□	□ (→)	□	+ / □	(→) Eventual emprego de um reactivo à base de bifluoreto de amónio acidificado.
	Polido	□	+	□	+	◆	◆	◆ (→)	(→) Eventual projecção de granulados brandos e finos.
Betão decorativo (4)	Liso, polido	+	□ / +	□	□	□	◆	◆	
	Inertes finos aparentes	+	□ / +	□	□	□ (→)	□ / ◆	□ / ◆	(→) Eventual emprego de um reactivo à base de bifluoreto de amónio acidificado.
	Inertes grossos aparentes	◆	◆	◆	□	□ (→)	□	+	(→) Eventual emprego de um reactivo à base de bifluoreto de amónio acidificado.
Blocos e tijolos de betão		◆ / □	◆ / □	◆	◆	◆	◆	◆	Material tanto mais difícil de limpar quanto mais profunda for a penetração da deposição
Reboco e pintura	Hidráulico	□	◆	◆	◆	◆	□ / ◆	+ / □	
	Sintético	◆	□ / +	◆	□ / + (→)	◆	◆	◆	(→) Eventual emprego de lexívias adequadas.
		<p> <b>+</b> : aconselhado  <b>◆</b> : desaconselhado  <b>□</b> : eventualmente aplicável  <b>(→)</b> : ver observação à direita </p> <p> (1) Nos casos em que dois símbolos estão assinalados na mesma casa, o primeiro respeita à limpeza (materiais fortemente recobertos por depósitos) e o segundo à manutenção (materiais pouco recobertos).  (2) Mais que 10% dos grãos são retidos pelo peneiro de 0,2mm (200μ); a totalidade passa no peneiro de 0,5mm (500μ).  (3) Pelo menos 90% dos grãos passam no peneiro de 0,2mm (200μ); a totalidade passa no peneiro de 0,25mm (500μ).  (4) Para os betões celulares ver art.º 3.2.3.  (5) Ver art.º 3.3.1 </p>							

**QUADRO 3** Sistemas de remoção de manchas.

TIPO DE MANCHA	PRODUTOS DE REMOÇÃO	PROCEDIMENTO / OBSERVAÇÕES
Algas, musgos, fungos	Solução de lixívia comercial ( 5% )	(1)
Madeiras exóticas (afzélia, merbau)	Pasta à base de lixívia comercial pura ou diluída ( 1 / 1 até 1 / 3 ), conforme a intensidade das manchas.	(1) solução a 40° C
Bebidas (chá, álcool, limonada)	Solução de 1 volume de glicerina, 4 volumes de água e 2 volumes de isopropanol	(2)
Café	Água oxigenada a 3%	(2)
Massa consistente	Pasta formada por solventes (2 vol. de tricloroetano 1.1.1, 1 vol. de acetona e 1 vol. de metanol) e por pó (40g de detergente de pré-lavagem, 15g de perborato de sódio, 15g de pó de pedra pomes, 15g de cré)	(4)
Cobre, bronze ("verdete")	Pasta composta por 15g de amoníaco, 10g de cloreto de alumínio, 40g de talco	(3)
Tinta azul	Pasta composta por 50g de caulino, 40g de água, 10g de perborato de sódio	(3)
Gorduras e óleos misturados	a. <i>Pasta formada por solventes (2 vol. de tricloroetano 1.1.1, 1 vol. de acetona e 1 vol. de metanol) e por pó (cré, caulino ou talco)</i>	(4)
	SE OS VESTÍGIOS SUBSISTIREM : b. Lixívia comercial e pó absorvente	(3)
Fuel	Ver (a) para gorduras e óleos misturados	(3)
Canetas de feltro	Ver (a) para gorduras e óleos misturados	(3)
Mercurocromo	Pasta de lixívia comercial diluída em água (1 / 1) e pó absorvente	(1)
Ferrugem	a. Solução à base de 100 g/litro de hidrogenodifluoreto de amónio	(1) deixar agir ± 10 minutos, após enxaguamento, recobrir com pó absorvente e manter húmida a zona em redor da mancha
	SE OS VESTÍGIOS SUBSISTIREM : b. Idem + 10% de ácido fluorídrico	(1) deixar agir ± 10 minutos
	SE OS VESTÍGIOS AINDA SUBSISTIREM : c. Solução de 100g de ácido oxálico por litro de metanol	(2) deixar agir ± 10 minutos
Sangue	Solução diluída de soda ou de potassa cáusticas	(2)
Tomate, vinho	Solução de bissulfito de sódio	(2)
<p>(1) Aplicar generosamente, escovar, enxaguar cuidadosamente, repetir se necessário.                  (2) Tamponar com um trapo embebido de solução, enxaguar, repetir se necessário.                  (3) Aplicar uma camada generosa ultrapassando a mancha em 2 cm, cobrir com uma folha de alumínio, deixar secar, escovar, enxaguar e repetir se necessário.                  (4) Idem, mas antes do enxaguamento, esfregar à escova com uma solução de detergente biológico (100 g / 300 ml de água).</p>		

# BIBLIOGRAFIA

1. Amoroso G. G. e Fassina V.  
Stone Decay and Conservation. Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection. Amsterdam, Elsevier, 1983.
2. Ashurst J. e Ashurst N.  
Practical Building Conservation. English Heritage Technical Handbook. Aldershot, Gower Technical Press, 1988.
3. Centre scientifique et technique de la construction  
Hydrofuges de surface. Choix et mise en œuvre. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 140, février 1982.
4. Centre scientifique et technique de la construction  
Le petit granit. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 156, décembre 1984.
5. Centre scientifique et technique de la construction  
Les composés de silicium. Hydrofuges de masse et de surface. Consolidants. Mastics. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 138, septembre 1981.
6. Centre scientifique et technique de la construction  
Les roches et les minéraux. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 163, mars 1986.
7. Centre scientifique et technique de la construction  
Pierres blanches naturelles. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 80, juillet 1970.
8. Centre scientifique et technique de la construction  
Ravalement des façades. Choix des méthodes de nettoyage. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 121, septembre 1978.
9. Centre scientifique et technique de la construction  
Tachage des pierres blanches et des marbres calcaires. Choix d'un mortier approprié pour la pose d'un revêtement de sol intérieur. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n.º 182, décembre 1991.
10. De Bruyn R., Pien A e Venstermans J.  
Les matériaux pierreux naturels : altérations et diagnostic. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC – Magazine, printemps 1993.
11. De Bruyn R., Pien A e Venstermans J.  
Les matériaux pierreux naturels. 2. Altérations et traitements. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC – Magazine, été 1993.
12. de Henau P.  
Traitement des métaux conservés à l'extérieur. Note technique IRPA 1991, polycopie à diffusion restreinte, non publiée.
13. De Witte E. e Dupras M.  
Cleaning poultices based on EDTA. International congress on deterioration and conservation of stone. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.

14. Felix C. e Maravelaki P.  
Black crusts with different origins on Istrian stone in Venice. International congress on deterioration and conservation of stone. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.
  
15. Heuser H. e Prickartz R.  
Das wasserarme Partikelstrahlverfahren, ein geeignetes Reinigungsverfahren für Mauerwerksbauten. Aachen, Institut für Baumaschinen und Baubetrieb der RWTH. Internationaler Kongress zur Bauwerkserhaltung, 1992.
  
16. Institut belge de normalisation  
NBN B 06-001 Mesurage dans le bâtiment. Méthodes de mesurage de quantités. Bruxelles, IBN, mai 1982.
  
17. Kouzeli K.  
Black crusts removal methods in use. Their effects on pentelic marble surfaces. International congress on deterioration and conservation of stone. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.
  
18. Lazzarini L. E Tabasso M. L.  
La restauration de la pierre. Maurecourt, E.R.G. 1989
  
19. Mamillan M.  
Connaissance de la pierre. Saint-Rémy-les-Chevreuse, CATED, Memento n.º 81, septembre 1991
  
20. Maravelaki P., Biscontin G., Piloni R., Cecchetti W. e Zendri E.  
Investigation on surface alteration of limestone related to cleaning processes. International congress on deterioration and conservation of stone. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.
  
21. Ministère de l'Emploi et du Travail  
Règlement général pour la protection du travail (RGPT). Bruxelles, MET, 5.º édition, avec mise en jour.
  
22. Muzzin G.  
Les efflorescences dans les maçonneries en briques. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC-Revue, n.º4, 1982.
  
23. Pien A . e De Bruyn R.  
Le nettoyage des façades. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC-Magazine, hiver 1992.
  
24. Pien A . e De Bruyn R.  
Traitements préventifs anti-graffiti. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, CSTC-Magazine, n.º1, 1995.
  
25. Prickartz A . e Heuser H.  
Feinstaubstrahltechnik, ein Verfahren zur Reinigung von Natursteinoberflächen. Jahresberichte Steinerfall-Steinkonservierung, Berlin, Verlag Ernst & Sohn, 1991
  
26. Stichting Bouwresearch  
De kwaliteit van voegen in metselwerk. Rotterdam, publication SBR, n.º 299, 1993
  
27. Stichting Bouwresearch  
Gevelgids. Deel1 : gevelreiniging. Rotterdam, publication SBR, n.º 198, 1989

28. Stichting Bouwresearch  
Gevelreiniging in de praktijk. Rotterdam, publication SBR, n.º 104, 1984
  
29. Stichting Bouwresearch  
Gevelreiniging; reinigend effect en schade met chemische middelen en gritstralen.  
Rotterdam, publication SBR, n.º 152, 1987.
  
30. Stichting Bouwresearch  
Hydrofoberen van gavels, Achtergronden, leidraad bij de keuze. Rotterdam, publication  
SBR, n.º 229, 1991.
  
31. Verhoef L. G. W.  
Soiling and Cleaning of Building Façades. Report of Technical Committee 62 SCF  
RILEM, London, New York, Chapman and Hall, 1988.
  
32. Weber H. e.a .  
Fassadenschutz. Der Leitfaden für die Sanierung, Konservierung und Restaurierung  
von Gebäuden, Grafenau 1 / Württ., Expert-Verlag, Kontakt & Studium Bauwesen, Band  
40, 1980
  
33. Weber H. e Zinsmeister K.  
Conservation of Natural Stone. Guidelines to consolidation, restoration and  
preservation. Grafenau 1 / Württ., Expert-Verlag, 1991.
  
34. Webster R.  
Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone (proceedings  
of the international conference, 14-16.04.1992, Edinburgh). London, Dohead  
Publishing, 1992.
  
35. Wissenschaftlich-technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und  
Denkmalpflege e. V. (WTA)  
Merkblatt 3-5-93. Anwendungstechnik – Natursteinrestaurierung. WTA-Berichte,  
Freiburg und Unterengstringen, Aedificatio Verlag, 1995.

Editor responsável : Carlo De Pauw  
CSTC, rue de la Violette 21 – 23  
1000 BRUXELLES



## BRUXELLES

### **Sede social**

Rue de la Violette 21 – 23  
B – 1000 Bruxelles

direcção geral  
Telef : 02 / 502 66 90  
Fax : 02 / 502 81 80

publicações  
Telef : 02 / 511 33 14  
Fax : 02 / 511 09 00

## BRUXELLES

### **Escritórios**

Lozenberg 1 – 7  
B – 1932 Sint-Stevens-Woluwe  
(Zaventem)

Telef : 02 / 716 42 11  
Fax : 02 / 725 32 12

anúncios técnicos  
desenvolvimento & inovação  
técnicas de organização  
bancos de dados

## LIMELETTE

### **Estação experimental**

Avenue Pierre Holoffe 21  
B – 1342 Limelette

Telef : 02 / 653 88 01  
Fax : 02 / 653 07 29

pesquisa  
laboratórios  
formação  
documentação  
biblioteca