

pende da temperatura ambiente. Acima dos 32°C, o sulfato de sódio desprende toda a água de cristalização (anidro), enquanto que abaixo dos 32°C são absorvidas 10 moles de água de cristalização. Estas alterações do estado cristalino são acompanhadas por mudanças de volume resultando na rápida desintegração do mineral mais rapidamente e por isso mais prejudicial que as tensões originadas pelos ciclos gelo/degelo no Inverno.

De facto os testes de cristalização por ciclos de temperaturas à volta de 40°C de amostras minerais saturados com sal formam a base de ensaios de deterioração acelerados. Estes ensaios no laboratório parecem ser mais cuidados que os prévios ensaios de gelo/degelo. Portanto, em alguns laboratórios os ensaios combinados são efectuados.

Há que mencionar neste ponto que os mecanismos de deterioração são muito mais complicados que as reacções descritas em cima. Seria seguramente um equívoco supor que sem humidade não havia deterioração. A superfície «seca» da pedra que absorve quantidades tremendas de SO₂ é coberta pelo menos por algumas camadas de moléculas de água e gera ácido sulfuroso e os sais (2). A água tem assim um papel-chave na deterioração dos materiais minerais para a construção.

PERDAS DE CALOR CAUSADAS PELA HUMIDADE

O gráfico 1 mostra que a condutibilidade térmica de uma parede aumenta com um teor crescente de humidade. Este facto é com efeito muito significativo já que pelo menos 25 a 40% do calor que se perde é através da parede (3). Para um tijolo de densidade média, obtêm-se valores da ordem de aproximadamente 0,4 a 0,7 W/m.K com respectivamente 1 a 5% de teor de humidade. Não obstante uma parede de tijolo que tenha uma humidade de 5% não se pode considerar propriamente molhada. Um tijolo de densidade média pode absorver 12% de água ou até mais.

É possível estimar a quantidade de perda de calor duma parede por condutibilidade utilizando o gráfico 2.

O gráfico é baseado na equação geral:

$$Q = k \cdot \Delta T \cdot t$$

(Q = quantidade de calor, k = coeficiente de conductibilidade térmica, ΔT = diferença de temperatura entre exterior e interior, t = duração do período de aquecimento).

O coeficiente k pode ser substituído pelo quociente λ/s (λ é a condutibilidade térmica específica, e s representa a espessura da parede).

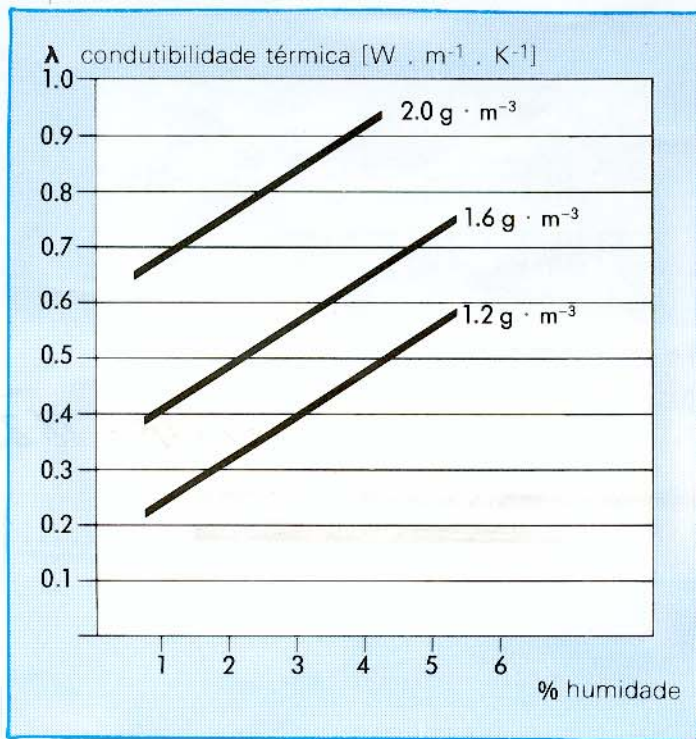


Fig. 1 — Condutibilidade térmica de parede de tijolo.

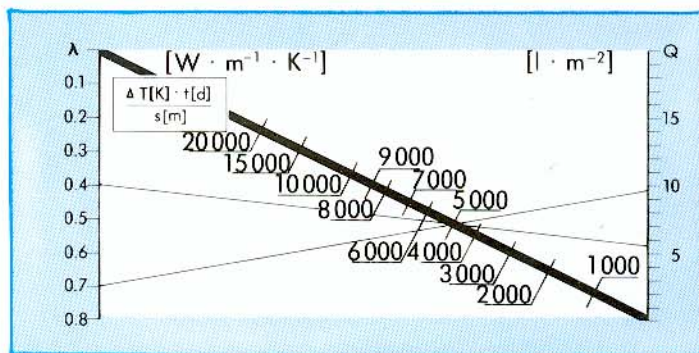


Fig. 2 — Condutibilidade térmica.

$$Q = - \frac{\lambda \Delta T t}{s}$$

ou $Q = \lambda f$

Utilizando a variável $f = \frac{\lambda \Delta T t}{s}$

O gráfico permite estimar a perda de energia, p.e. em litros de fuel por metro quadrado. O valor calorífico de 1 litro de fuel está estimado em 7500 kcal (3.14×10^7 Joule). Por exemplo, uma parede de tijolo de 36 cm de espessura, com um teor de humidade de cerca de 5% ($\lambda = 0.7$ W/mK⁻¹), com um período de aquecimento de 180 dias e uma diferença média de 10 Kelvin perde uma quantidade equivalente a 9-10 litros por metro quadrado. Isso compare-se com 5 a 6 litros por metro quadrado para paredes com um teor de 1% de humidade ($\lambda = 0.4$ W/mK⁻¹).

Estes dados para as perdas energéticas globais devido à conductibilidade térmica podem ser estimados dentro de certos limites. As perdas energéticas parciais causadas pela presença de humidade são muito mais difíceis de calcular. O gráfico 3 mostra que importantes perdas de energia são ocasionadas somente pela secagem da parede. Pelo menos uma parte da evaporação de calor é fornecida pelo lado quente da parede, como se pode constatar pelo ensaio seguinte.

Enquanto que uma pedra tratada com um impregnante hidrófugo (provet A), seca rapidamente após 24 horas debaixo de água, adquirindo novamente a temperatura ambiente, as pedras não impregnadas (provet B) só alcançam novamente a temperatura ambiente depois de um tempo prolongado de secagem.

Existem ensaios em construções existentes para determinar a perda total

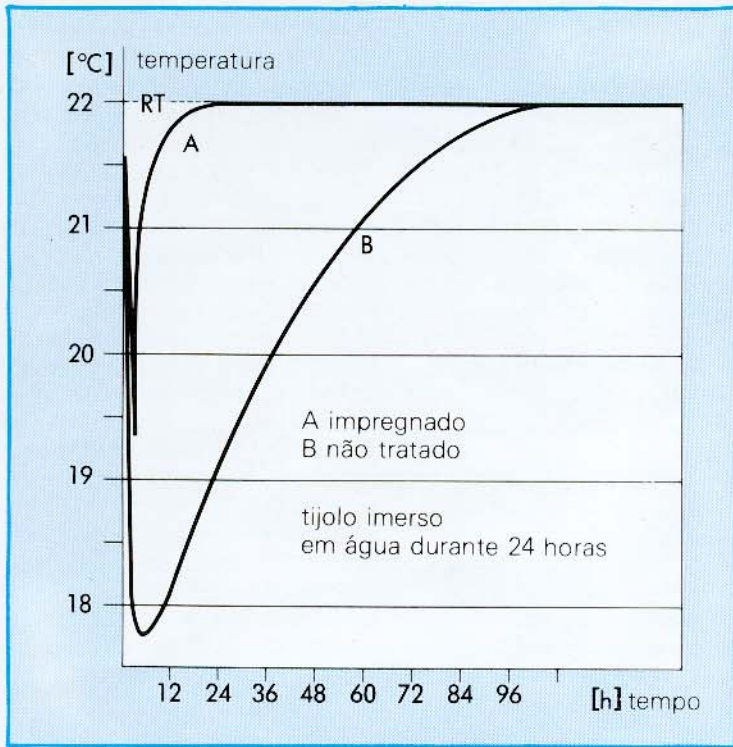


Fig. 3 — Temperatura de um tijolo em processo de secagem.

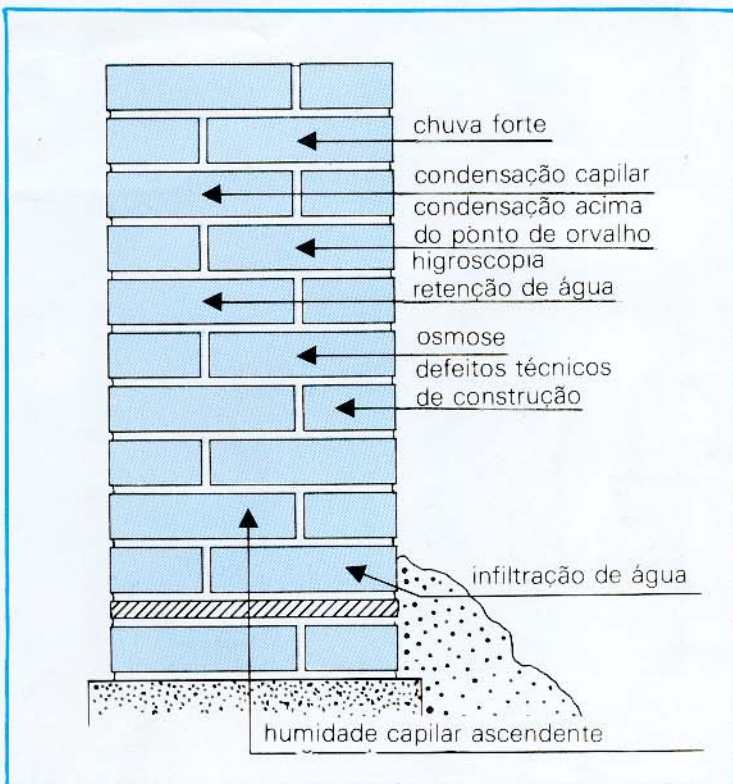


Fig. 4 — Mecanismos de absorção de água.

de calor. Os resultados são somente uma boa indicação de que se pode poupar uma significativa quantidade de energia por uma hidrofugação eficaz das fachadas.

DANOS CAUSADOS PELA HUMIDADE

Resumindo, podemos dizer: a água é o principal factor na deterioração de materiais minerais de construção, resultando em danos em pedras e eflorescências sob condições ambientais naturais. A poluição do ar aumenta os danos duma maneira drástica. Finalmente uma desintegração completa pode produzir-se seguida por uma restauração dispendiosa. A formação de fungos e outros organismos vegetais não resulta somente desagradável mas também doentia. Por último a elevada humidade das paredes provoca também perdas consideráveis de energia.

MECANISMOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Só é possível controlar elevados teores de humidade se se tiverem em conta os distintos mecanismos de absorção de água (gráfico 4). Uma causa muito frequente são os defeitos de construção, tais como juntas destruídas, gretas, juntas não impermeáveis e falhas construtivas. Entre esses defeitos temos de contar também com uma concepção errónea, às vezes por razões arquitectónicas com vista a uma melhor estética — os marcos das caixilharias, saliências e impostas que evitam o escoamento perfeito da água da chuva. Causas frequentes de falhas são também as impermeabilizações defeituosas na zona da cobertura e das conexões das caleiras assim como das aberturas para a passagem das tubagens. A porosidade dos materiais de construção em geral e os defeitos técnicos de construção mencionados fazem com que a absorção da água seja muito elevada em tempo de chuva. Os sais higroscópicos reduzem a velocidade do processo de secagem subsequente. Migrações osmóticas dentro da parede também podem distribuir a humidade, de modo que resulta frequentemente ser muito difícil determinar a origem exacta da humidade.

O vapor de água geralmente condensa abaixo do ponto de orvalho. Porém, o vapor de água dentro dos capilares da alvenaria ainda pode condensar acima deste ponto de orvalho. Nas partes inferiores das paredes pode ocorrer a humidade ascensional e infiltração de água do solo.

PREVENÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA.

Ainda que se eliminem todos os defeitos técnicos da construção, se aplicar um isolamento horizontal eficaz e um isolamento exterior suficiente na zona dos cimentos contra a pressão da água proveniente do terreno adjacente, produz-se frequentemente uma absorção demasiado elevada de água particularmente com chuva batente. Que podemos fazer para contrariar este efeito?

Tintas ou revestimentos texturados são frequentemente aplicados nas fachadas para melhorar a resistência à chuva, mas também podem reduzir significativamente o transporte do vapor de água através das paredes para o exterior, criando problemas de condensação no interior. A aplicação de tintas nos tijolos ou nas pedras também pode não ser desejada por razões estéticas.

Por outro lado, a impregnação de superfície exteriores por um produto hidrofugante adequado pode constituir uma solução do problema da absorção de água sem modificar a aparência da fachada e sem reduzir fortemente a permeabilidade ao vapor de água.

NORMAS DE PERFORMANCE

Na Europa Ocidental, duas séries principais de normas parecem existir para tratamento hidrófugo de alvenarias: as exigências alemãs WTA e o British Standard 6477 (1984). As duas aproximações portanto são bem diferentes.

O BS 6477 dá uma descrição detalhada dos ensaios a efectuar no laboratório em quatro tipos de suporte:

- Ibstock Red Leicester Multi-Facing bricks (tijolos)
- Ryarsh calcium silicate bricks (tijolos de silicato de cálcio)
- cimento fresco (idade de 7 dias)
- pedra calcária de Monks Park

Tratamentos são aplicados em provetes de ensaio. Para satisfazer a uma primeira exigência, uma redução da absorção de água de 90% deveria ser obtida. Essa redução é determinada por medida das partes tratadas (de frente) e das partes não tratadas (de trás) dos provetes.

Por contraste, as exigências WTA não especificam nenhum suporte, mas indicam por outro lado uma maior quantidade de características desejadas:

- redução da absorção da água em pelo menos 70%
- elevado poder de penetração
- boa resistência à deterioração devida à acção atmosférica (sem amarelamento)

- suficiente estabilidade face aos alcalis
- o tratamento não deve deixar as superfícies pegajosas durante a secagem e depois da cura
- que não se formem substâncias nocivas (nenhuma formação de sais)
- os valores de difusão do vapor não devem reduzir-se em mais de 10%
- nenhum falso brilho nem mudança de cor na pedra tratada ou alteração do aspecto visual da fachada.

RESISTÊNCIA À INTEMPÉRIE DE BLOCOS DE GRÉS IMPREGNADOS

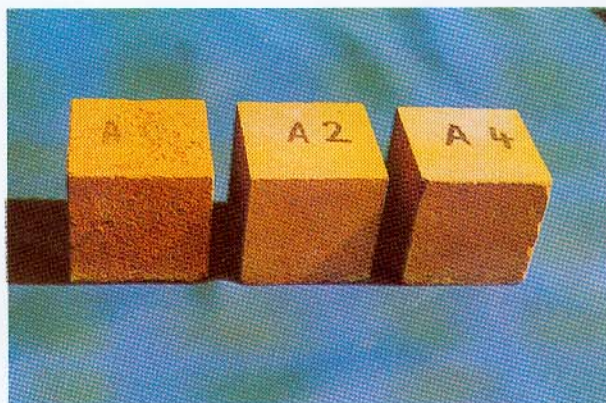
A absorção de água das fachadas impregnadas varia consideravelmente. Em muitos materiais minerais pode reduzir-se a absorção de água em mais de 90% (5).

Contudo, existem alguns, poucos materiais minerais, nos quais não é possível conseguir uma redução tão impor-

tante da absorção de água, assim como outros que não podem hidrofugar-se eficazmente com os impregnantes habituais.

Na prática há que ter em conta estas diferenças. Infelizmente, não se possuem, todavia, conhecimentos exactos sobre as causas das diferenças na eficácia e sobretudo não se pode prever com segurança a duração da eficácia de uma impregnação. Por isso, frequentemente há que realizar ensaios específicos sobre uma pedra para se poder fazer uma recomendação acertada.

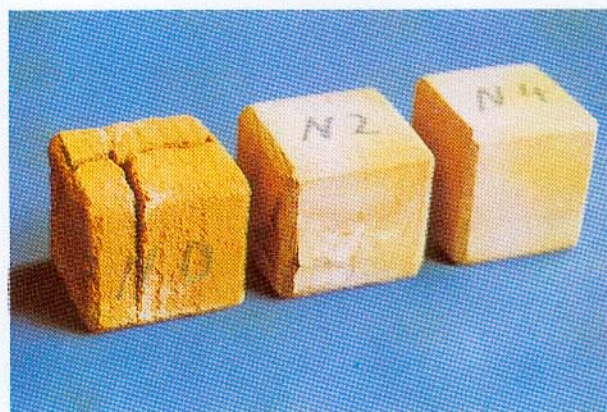
Ensaio deste tipo foram efectuados por nós nos revestimentos de grés (Miltenberger Main vermelho, em parte fortemente deterioradas) das pontes sobre o rio Spree em Berlim Oeste. Estes revestimentos com valiosas obras de cantaria foram colocados há aproximadamente 100 anos. As partes muito deterioradas pela poluição atmosférica e os sais anticongelantes utilizados nas estradas, foram substituídas nos anos de



A-0
10 ciclos

A-2
25 ciclos

A-4
25 ciclos



N-0
10 ciclos

N-2
25 ciclos

N-4
25 ciclos

Fig. 5 — Grés-vermelho de Main após teste de rotina por sais (acima: antiga, em baixo: nova).

1983 e 1984 com material novo, utilizando o mesmo tipo de pedra que há 100 anos, que continua a extrair-se ao sul da cidade de Francoforte.

Esta pedra — tanto a antiga como a nova — erosiona-se com bastante facilidade. No ensaio de cristalização por sais segundo DIN 52111 (6), a superfície de ambas as pedras ficou bastante deteriorada ao cabo de 10 ciclos de teste (gráfico 5, A-0 e N-0). Na pedra nova (N-0) percebem-se com clareza as gretas provocadas pelo ensaio. Ao cabo de 25 ciclos de teste, ambas as pedras mostram grandes perdas de material (gráfico 6). Depois do tratamento hidrófugo das superfícies da pedra com uma solução à base do organo-siloxano, tanto a pedra nova como a antiga (A-4, N-4) resistiram 25 ciclos de teste com poucas alterações visíveis.

fundo não existe tão pouca necessidade de o fazer. No caso referido, no momento do nosso ensaio as partes muito danificadas da ponte já haviam sido substituídas por pedras novas e sendo necessário reforçar as superfícies erodidas daquelas partes da ponte que não haviam sido substituídas, apresentava-se agora a dificuldade de que se tinha de conseguir que as partes complementadas com material novo não fossem impregnadas com o ester de silício (o endurecedor).

Tanto as diferenças na eficácia dos impregnantes sobre distintos tipos de pedra natural, como os distintos comportamentos deste tipo de pedra depois do tratamento com impregnantes de composições químicas diferentes, demonstram que a solução óptima para o saneamento das pedras naturais, assim

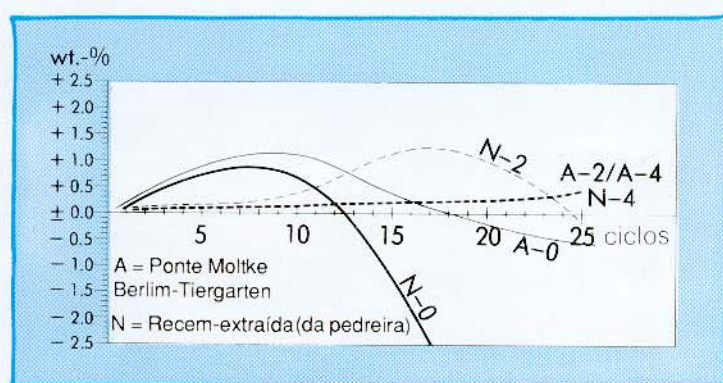


Fig. 6 — Variação do peso do grés (Miltenberg Main Vermelho) durante o ensaio de cristalização

Depois de se reforçarem ambas as pedras com ester orgânico de silício e de hidrofugá-las em seguida com uma solução de organo-siloxano apreciar-se-ão, não obstante, diferenças consideráveis entre a pedra antiga e a nova, mesmo tendo a mesma origem.

Enquanto que as pedras antigas (A-2) resistirão novamente 25 ciclos de teste sem sofrer um dano significativo, a pedra nova (N-2) mostra claramente defeitos cujas causas se desconhecem. Isto significa que, para se conseguir uma resistência máxima à intempérie, a pedra nova não deve ser reforçada. No

como para uma impregnação profiláctica, em muitos casos só pode ser específica para um tipo determinado de pedra. Por isso os ensaios de laboratório são muito importantes na conservação dos monumentos para se pode definir um plano de saneamento. Só assim se pode garantir a sua máxima segurança. No entanto, na maioria dos casos a situação é muito mais simples. No que diz respeito, por exemplo, a paredes de alvenaria de tijolo, há uma experiência muito ampla quanto a hidrofugação, pelo que não são necessários os ensaios prévios acima referidos.

A ESCOLHA DOS MATERIAIS HIDROFUGANTES (Tabela 1)

Formularam-se várias opções químicas para obtenção de produtos repelentes de água. O estudo comparativo da sua eficácia pode constatar-se pelas seguintes características:

- dimensão molecular, influenciando a capacidade de penetração no suporte.
- permeabilidade ao vapor de água
- tensão superficial, sendo medida pelo ângulo de contacto de gotas de água.

Resinas orgânicas — acrílicas, poliuretanas, epoxis ou poliésteres — diluídas em solventes apropriados foram utilizadas frequentemente mas apresentam todas uma importante desvantagem: as suas moléculas de grande dimensão não podem penetrar nos capilares finos da alvenaria. A eficácia a longo prazo de produtos hidrófugos depende do grau de penetração — maior sem dúvida que a profundidade das microfissuras inevitáveis da superfície (gráfico 7). Se as fissuras da superfície se estendem até à parte não tratada, o tratamento torna-se ineficaz.

Além disso, as resinas orgânicas são intrinsecamente menos hidrófobas que algumas outras substâncias químicas devido aos seus valores relativamente altos da tensão superficial, 30-40 mN/m em média (gráfico 8). Uma tensão superficial baixa corresponde a um ângulo de contacto elevado. Este fenómeno chama-se depressão capilar: na zona de alta tensão superficial ou de baixo ângulo de contacto, o fenómeno chama-se atracção capilar. Ângulos de contacto de gotas de água superiores a 90° apresentam propriedades hidrófobas e, inferiores a 90°, propriedades hidrófilas.

Porém, estes polímeros orgânicos que são eficazes no que diz respeito à absorção de água — mesmo que a tensão superficial seja elevada — são perigosos na aplicação porque também reduzem difusão do vapor de água. Usualmente os revestimentos orgânicos

Produto	Solvente	Concentração pronta a usar (%)	Penetração	Redução da água permeabilidade ao vapor (%)	Reaplicação do tratamento	Tensão superficial (mN . m ⁻¹)
Polímeros orgânicos	Solventes orgânicos Água	~ 10	Baixa	> 20	Impossível	30-50
Sabões metálicos	Solventes orgânicos	~ 10	Má	> 20	Difícil	
Produtos inorgânicos	Água	3-5	Má	> 20	Impossível	70
Siliconatos	Água	3-5	Baixa	10	Impossível	
Silanos	Solventes orgânicos	20-40	Excelente	5-8	Possível	~ 25
Oligossiloxanos	Solventes orgânicos	5-10	Excelente	5-8	Possível	22
Polissiloxanos	Solventes orgânicos	5-10	Boa	5-8	Possível	22

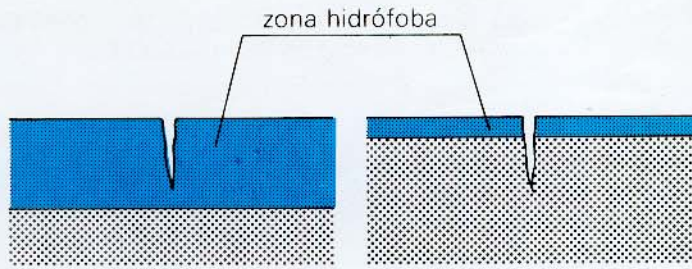


Fig. 7 — A influência da penetração na eficácia a longo prazo.

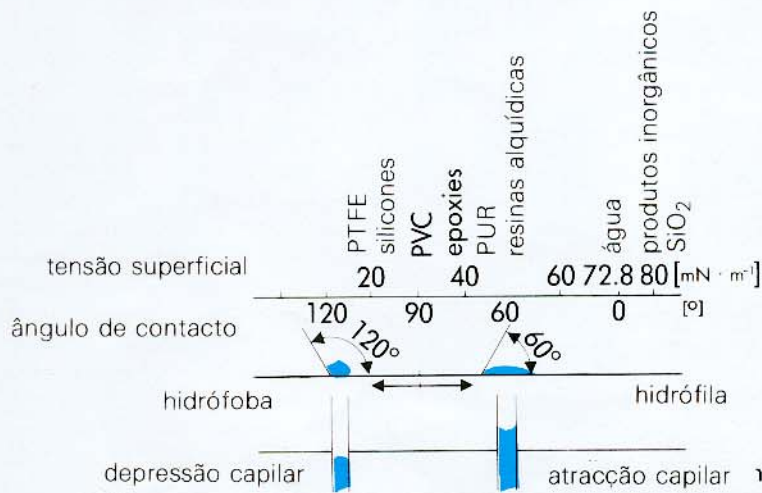


Fig. 8 — Tensão superficial de diferentes materiais.

cos polímeros provocam uma redução significativa da permeabilidade da alvenaria. Polímeros orgânicos, sabões metálicos e, sobretudo, todos os produtos inorgânicos mostram uma penetração muito pequena. Por isso não é surpreendente que estes produtos não mostrem alta durabilidade.

Os sabões metálicos têm sido usados frequentemente para tratamentos hidrofugantes porque estes produtos, como por exemplo, os estearatos de alumínio são relativamente baratos e o efeito pronunciado de formação de gotas de água (perlagem), provoca a falsa conclusão duma protecção muito eficaz contra a penetração da água. Desde que sabões metálicos podem diminuir a permeabilidade ao vapor de água por um enchimento dos poros, o uso destes tipos de produtos pode tornar-se perigoso, especialmente quando se trata de tratamento de monumentos.

Silicatos de sódio ou de potássio — geralmente conhecidos como «vidro de água» — não são já utilizados para tratamentos hidrofugantes mas são ainda utilizados de vez em quando para injeções contra a humidade ascensional.

O «vidro de água» não demonstra nenhuma propriedades hidrófobas. Os produtos tipo «vidro de água» alcalinos reagem na presença de CO₂ para produzir uma matriz de silício similar ao quartzo, que é hidrófila. Além disso, os sais alcalinos produzidos durante a reacção, são prejudiciais para as alvenarias. O efeito limitado do «vidro de água» é baseado na sua aptidão de existir como um gele contendo água e fechando os poros. Assim a permeabilidade ao vapor de água vai ser drasticamente reduzida e, é por isso, que estes produtos não são já utilizados para tratamento hidrofugante de fachadas.

Além disso, a partir do momento em que o gele perde a sua água, por exemplo, durante um Verão quente, a matriz contrai e formam-se capilares secundários com diâmetro inferior. Isto provoca uma atracção capilar mais elevada e uma parede pode molhar-se de novo depois de ficar seca durante algum tempo depois do tratamento.

Os organo-siliconatos são solúveis na água e mostram em geral uma boa penetração nas alvenarias. Os metil-siliconatos de sódio ou potássio reagem duma maneira similar aos silicones formando «vidro de água». Porém, como no caso do «vidro de água», os sais são formados, impedindo desta forma o uso como hidrofugantes para tratamento de fachadas. As estruturas formadas de siliconatos são similares às formadas por silanes ou oligo — e polissiloxanos. Porém, os siliconatos são menos adequados para tratamentos hidrofugantes de alvenaria que os organossilanos e siloxanos puros devido à formação de sais e núcleos hidrófilos que ficam quando o material não reage completamente.

A diferença entre silanos e oligo — ou polissiloxanos é dada na figura 9. O alquiltrialcoxissilano (peso molecular 100-200) interliga-se com evolução de álcool para dar siloxanos com baixo peso molecular (peso molecular de 600-1000). Uma condensação adicional conduz à formação de polissiloxanos (peso molecular superior a 5000). Inicialmente estas resinas alquilpolissiloxanos, que ainda são solúveis, eram utilizadas como materiais de impregnação. Contudo, verificou-se que a penetração diminui quando aumenta o peso molecular. Por isso, hoje em dia são os oligosiloxanos com peso molecular inferior que são utilizados. Os silanos têm o peso molecular mais baixo e por isso demonstram a melhor penetração. Mas estes materiais não têm propriedades de formação de película. Por isso os silanos devem ser utilizados em concentrações (pronto a usar) mais elevadas de cerca de 40% ou mais.

Os silanos também não são tão económicos como os oligómeros com baixo peso molecular, desde que os últimos podem ser utilizados em concentrações mais baixas (5 a 10%), dando

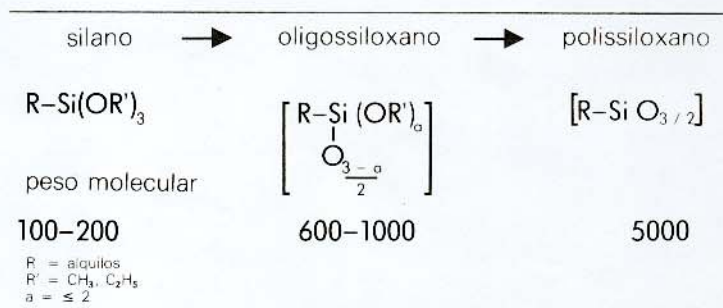


Fig. 9 — Silicones.

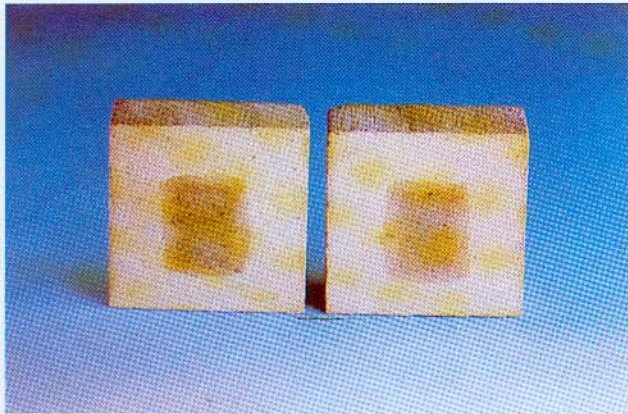


Fig. 10 – Tufos Calcários simples mostrando a diferente penetração dos hidrofugantes

efeitos hidrofobantes significativos sem terem uma penetração inferior.

Mesmo os suportes mais densos podem ser tratados numa maneira eficaz com oligossiloxanos devido às propriedades elevadas de difusão. Os últimos são principalmente aptos para a aplicação dos oligossiloxanos nos isolamentos químicos dpc (8). Aqui a alvenaria não é impregnada na superfície, mas o material é injectado, usualmente sob pressão. Esta técnica, que é muito conhecida na Grã-Bretanha, de vez em quando é a única maneira prática e mais barata também para secar paredes acima do nível freático.

A penetração dos produtos impregnantes depende rigorosamente do suporte e é por consequência muito variável. Isto pode ser notado nos cubos de ensaio de tufos calcários impregnados depois de se cortar e humidificar a face cortada. As áreas não impregnadas escurecem devido à absorção de água, enquanto que as zonas impregnadas ficam secas e claras (fig. 10).

Se a pedra calcária é impregnada com diferentes siloxanos com teores comparáveis de substância activa, registando a absorção da água — tal como é habitual na RFA — através de 24 horas de imersão em água, obtêm-se os mesmos valores com uma margem de

tolerância de 0.5% de peso, ou seja valores de absorção de água de 0.5-1.5% contra 12% na pedra não impregnada. Se as amostras são mergulhadas na água mais que 24 horas, pode conseguir-se uma vantagem significativa quando em vez dos metiloligossiloxanos são utilizados metilpolissiloxanos como produtos impregnantes (fig. 11). Os siloxanos tendo grupos alquílicos superiores directamente ligados ao radical silicone são neste teste significativamente menos eficazes devido à sua penetração inferior. Parece que a capacidade de difusão diminui com o aumento da dimensão do grupo orgânico directamente ligado ao átomo de silicone no centro da molécula. O poder de

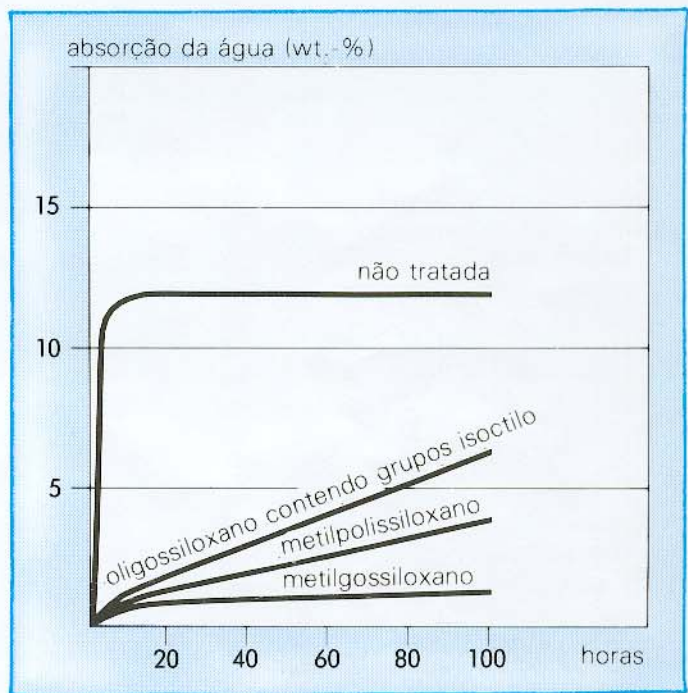


Fig. 11 — Absorção da água do calcário tratado com hidrofugantes.

difusão, porém, é mais elevado que nos silanos e polissiloxanos com peso molecular elevado. A melhor performance neste teste é obtida com oligossiloxanos tendo grupos metil directamente ligados ao átomo silicone.

(Continua)

NO PRÓXIMO NÚMERO:

- Estabilidade alcalina
- Exigências para a aplicação dos hidrofugantes
- A concentração dos fluidos de impregnação
- A reaplicação da impregnação
- Comportamento a longo prazo dos tratamentos hidrofugantes em alvenaria
- Permeabilidade ao vapor de água após tratamento com siloxanos
- Previsões

HIDROFUGAÇÃO DE PEDRAS NATURAIS

1. Definição do conceito

Entendemos por impregnação a embebição da pedra natural com um líquido que contenha uma substância activa.

2. A finalidade da impregnação da pedra natural é a de reduzir o índice de erosão por meio de:

2.1. O reforço mediante a incorporação de agentes aglomerantes.

2.2. A hidrofugação por meio da redução de absorção capilar de água eventualmente com a adição de ácidos biológicos.

2.3. A oleofugação mediante a redução de absorção capilar de líquidos orgânicos. O tratamento não deve causar nenhuma alteração óptica na pedra natural.

3. Hidrofugação de pedras naturais

Todos os materiais de construção minerais e porosos absorvem, através do seu sistema capilar, água e substâncias prejudiciais dissolvidas nela. Praticamente todas as deteriorações nas obras devem-se prioritariamente à presença da água.

A hidrofugação tem a finalidade de suprimir a capacidade da pedra de absorver a água no estado líquido, ou de reduzir esta capacidade até ao ponto de poder evitar as deteriorações resultantes desta causa ou de retardar a sua aparição.

A capacidade de hidrofugação das pedras naturais varia muito. As impregnações hidrofugantes servem preferencialmente para a hidrofugação de fachadas contra as precipitações. A hidrofugação é a última parte dos trabalhos da obra.

3.1. Requisitos que deve possuir o hidrofugante

3.1.1. O hidrofugante tem de ter, no mínimo, uns 4% de substância activa hidrofugante contido na solução.

3.1.2. A substância activa hidrofugante deve possuir uma boa capacidade de penetração.

3.1.3. A substância activa deve ser resistente à intempérie e não amarelecer.

3.1.4. Se se tem de hidrofugar, separadamente as pedras naturais neutras, também derivadas de materiais naturais, p.e. materiais aglomerados com substâncias minerais e que se utilizam para completar a pedra, assim como juntas, é necessário que o hidrofugante tenha suficiente resistência aos alcalis.

3.1.5. Depois da evaporação do dissolvente, a substância activa do agente hidrofugante deve ficar seca ao tacto.

3.1.6. Se durante os trabalhos de impregnação não se puder evitar o contacto com materiais sensíveis aos dissolventes (material à base de resinas sintéticas para completar a pedra, poliéstero...), há que empregar hidrofugantes com dissolventes compatíveis.

3.1.7. O impregnante não deve conter substâncias prejudiciais para a pedra nem gerá-los dentro do material da obra.

3.1.8. Em caso de necessidade, os agentes impregnantes com efeito hidrofugante podem conter ácidos biológicos.

3.2. Requisitos de qualidade que devem seguir-se nos trabalhos de impregnação

3.2.1. Depois de mergulhada 24 horas em água, a absorção da mesma na pedra tratada deve ser uns 70% inferior à da pedra não tratada.

3.2.2. A impregnação não deve reduzir em mais de 10% a permeabilidade ao vapor do material de construção segundo DIN52615.

3.2.3. A impregnação deve ter, pelo menos uma profundidade equivalente à

que pode conseguir-se por meio de duas aplicações abundantes do impregnante, em forma de cortina, sobre a pedra natural.

3.2.4. As mudanças de tonalidade da pedra não devem ultrapassar uma medida admissível.

3.2.5. A impregnação não deve provocar brilho.

3.2.6. As superfícies impregnadas não devem ficar pegajosas.

EXECUÇÃO TÉCNICA IMPREGNAÇÃO HIDROFUGANTE

1. O fundo a impregnar deve apresentar-se em estado impecável, sendo necessário eliminar previamente os defeitos de construção, como p.e., gretas com mais de 0,3 mm, conexões defeituosas, causadas por humidades ascendentes. Tem de haver a garantia que a água e as substâncias nela dissolvidas não podem penetrar na zona hidrofugada, já que poderiam causar danos por peladas, desprendimentos e roturas. Já que a hidrofugação fixa a superfície no estado que apresenta no momento da aplicação é importante que as superfícies a tratar estejam perfeitamente limpas.

Os fundos não absorventes não são adequados para a hidrofugação, já que tem de estar sempre assegurado que o agente hidrofugante pode penetrar.

Os resíduos que não torem eliminados durante uma eventual limpeza prévia, podem danificar a hidrofugação, pelo que devem ser retirados.

2. Os agentes hidrofugantes usados não devem atacar ou modificar de forma irreversível os elementos orgânicos das pedras, tais como p.e., cintas para juntas, mastiques para juntas, etc.

3. Para que a hidrofugação possa penetrar o suficiente, o fundo deve estar o mais seco possível.

4. As superfícies a tratar devem estar livres de excrescências, algas, plantas e musgo.

5. Todos os elementos da fachada que não devem entrar em contacto com o agente hidrofugante, tais como p.e., janelas, superfícies que se queiram envernizar, devem tapar-se, bem como as plantas.

6. A hidrofugação pode realizar-se a qualquer temperatura na prática, sendo preferíveis as temperaturas entre 10°C e 25°C.

Se a temperatura é demasiado elevada, ao evaporar-se o dissolvente, este pode exercer uma influência desfavorável sobre o processo de penetração e arrastar alguma substância activa. Instalando uns toldos pode evitar-se que as superfícies aqueçam demasiado em resultado da radiação solar.

Quando a temperatura é demasiado baixa, pode retardar-se a evaporação do dissolvente e também a reacção que a substância activa produz. Uma humidade ambiental demasiado baixa (<30% de humidade relativa) pode retardar, em determinados produtos, a reacção que produz a substância activa.

7. A superfície recém-impregnada deve proteger-se pelo menos durante 5 horas contra a chuva. O vento forte pode acelerar igualmente a evaporação do dissolvente e diminuir, em consequência, a profundidade de penetração.

8. O agente impregnante deve aplicar-se com pouca pressão e em cortina abundante, de tal forma que uma cortina de 30 a 50 cm de largo, vá escorrendo sobre a fachada. Para isso, há que mover a boca pulverizadora em sentido horizontal e sem interrupção no sentido da fachada. Tão depressa a cortina de líquido tenha sido absorvida, repetir-se-á a operação uma ou várias vezes.

A pressão da pulverização e o diâmetro da boca devem graduar-se de forma a que o produto não chegue a atomizar-se.

9. Para evitar que fiquem pontos sem impregnação, há que aplicar o produto sem interrupção e zona por zona.

10. A quantidade a aplicar depende da absorção do fundo e da profundidade de penetração que se pretende alcançar. Para obter dados mais precisos, há que fazer uma prova de impregnação.

11. Como aparelhos para realizar a aplicação usam-se os de baixa pressão, elevação e pulverização, como p.e. os pulverizadores de vinhas e árvores de fruto, bombas para líquidos, etc.

12. Sobre superfícies pequenas e mais complicadas, que não permitam a aplicação por pulverização, pode também trabalhar-se com pincel ou rolo. Quando se utiliza este sistema, só podem evitar-se pontos sem impregnar ou a aplicação de uma quantidade demasiado pequena de produto, se se traba-

ilhar sempre com o pincel ou rolo bem impregnado de líquido e aplicando uma quantidade abundante sobre uma superfície pequena.

13. Os aparelhos de trabalho devem estar limpos e secos. Antes da sua utilização ou de interrupções prolongadas no trabalho, há que limpá-los a fundo com um dissolvente.

14. Os recipientes que contenham o agente impregnante devem fechar-se bem depois de cada aplicação e não devem guardar-se a temperaturas altas (>30°C). Não podem ser expostos à radiação solar directa.

15. Os agentes hidrofugantes contêm dissolventes inflamáveis e em parte nocivos à saúde. Por este motivo é imprescindível que se observem as medidas de precaução necessárias durante a manipulação deste tipo de substâncias, assim como as normas de segurança pertinentes. É especialmente importante que não se fume durante os trabalhos e que não se faça chama nas proximidades.

As cargas electroestáticas que se originam durante a aplicação do produto têm de anular-se por meio de uma to-mada de terra. Há que evitar tocar o produto com as mãos e que entre em contacto com os alimentos. Se o lugar da aplicação estiver mal ventilado há que usar uma máscara respiratória. Os instrumentos sujos de produto, devem limpar-se a fundo ao terminar o trabalho.

PROTECÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES POR TRATAMENTO HIDROFUGANTE

Dr. Eckehard Schamberg

ESTABILIDADE ALCALINA

Quimicamente falando as ligações interatómicas dos siloxanos não são estáveis contra a agressão alcalina (saponificação das ligações Si-O-Si). Porém, a resistência relativa à agressão alcalina depende de vários factores. É possível aumentar a estabilidade das ligações Si-O-Si por obstáculo estérico quando grupos alquilo maiores são ligados directamente ao átomo silicone (9). Com estes grupos alquilo volumosos a penetração vai ser diminuída e provavelmente também o poder de difusão. Um efeito de protecção similar pode obter-se mediante a utilização de metilsiloxanos poliméricos que depende por um lado da estrutura dos oligosiloxanos empregados e por outro do tipo de reacção após a impregnação (10). Assim é possível utilizar metilsiloxano com as suas propriedades excelentes sem diminuição do poder de difusão e penetração, resultando num consumo inferior e numa melhor performance.

Os alcoxisiloxanos reagem com produção de álcool por um processo de condensação. A razão da reacção (fig. 12) depende da reactividade dos substituintes OR. O grupo metoxi dá a razão de reacção mais elevada. Porém, produz-se metanol. Para evitar essa produção de metanol e o uso de metoxissiloxanos tóxicos, deve-se aceitar uma razão de reacção inferior de siloxanos etoxyfuncionais. Porém, para assegurar uma razão de reacção suficiente, a condensação deve ser catalisada.

A catálise da condensação do siloxano pode ser obtida em meios alcalinos (por exemplo pedra calcária) ou por adição dum catalisador. Utilizando catalisadores — principalmente componentes orgânicos de estanho ou titânio — uma alta velocidade da reacção de condensação pode ser obtida, mesmo em suportes neutros. Porém, a velocidade de reacção não pode ser demasiado alta para assegurar uma boa penetração.

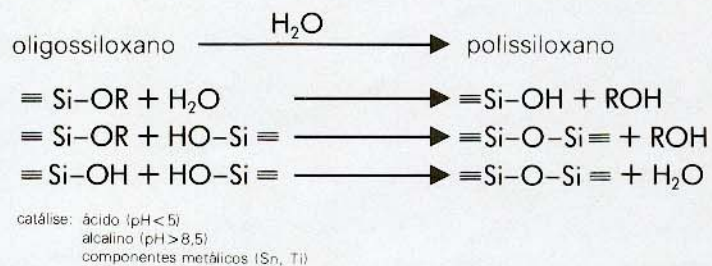


Fig. 12 — Tratamento de siloxanos.

Utilizando o catalisador especial uma razão de reacção uniforme é obtida para poder garantir uma penetração suficiente, mesmo em suportes alcalinos que de facto não precisariam de uma catálise.

Assim a referida estabilidade alcalina de hidrofugantes para alvenaria, tem menos influência nos resultados e na eficácia dos tratamentos de superfícies do que é geralmente assumido. Isso pode ser demonstrado com as grandes diferenças entre o betão e outros materiais ligantes à base de cimento, como as argamassas das juntas.

O hidróxido de cálcio, que é altamente alcalino, vai ser convertido sob a influência do dióxido de carbono em carbonato de cálcio. Durante esta reacção a alcalinidade diminui abaixo de pH 10. Esta carbonatação é uma reacção controlada por difusão, o que quer dizer que a velocidade de reacção depende da razão de difusão do dióxido de carbono. Por isso a profundidade de carbonatação s é proporcional à raiz quadrada do tempo multiplicado pelo factor c , que depende da concentração e do coeficiente de difusão do dióxido de carbono. Este factor c pode ser chamado o coeficiente de carbonatação (11).

Na representação gráfica da equação $s = c \cdot t$ (Fig. 13), vê-se que um betão de média qualidade ($c = 3$) corresponde a uma profundidade de carbonatação de

cerca de 20 mm em 50 anos (11). O impedimento da corrosão das armaduras é devido à alcalinidade elevada do ambiente não carbonatado, que impede oxidação do aço. Então a protecção depende da cobertura suficiente acima do aço. A alcalinidade na zona carbonatada é relativamente baixa. Porém, a alcalinidade nas áreas não carbonatadas do betão é tão alta que todos os siloxanos vão ser degradados dentro dum curto prazo de tempo. Estes siloxanos transformam-se então em alcalissiliconatos hidrofílicos ou siliconatos de metais terrosos alcalinos.

A penetração nas superfícies do betão fresco é extremamente baixa. As áreas não carbonatadas contêm altas quantidades de água e não podem ser penetradas por impregnação. Por isso os tratamentos do betão deveriam ser efectuados só 4 semanas depois da desmoldagem para assegurar uma profundidade de penetração suficiente. A alcalinidade medida em superfícies (medidas de pH) mostra que na prática um tratamento hidrofugante deveria ser eficaz até um pH de 10. Um betão fresco mostra um pH de mais do que 13. A eficácia requerida pode ser obtida com metilsiloxanos.

A razão de difusão do dióxido de carbono não vai ser influenciada duma maneira significativa por uma impregna-

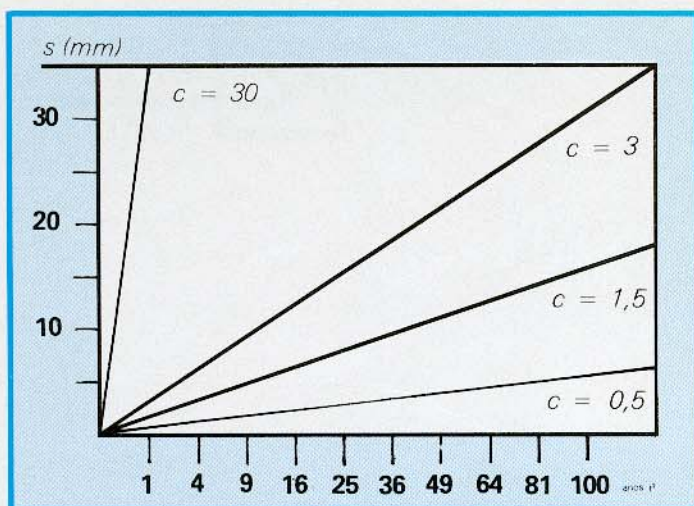


Fig. 13 — Carbonatação

ção com siloxanos. Consequentemente a razão de carbonatação não vai ser influenciada, pois que só depende da qualidade do betão p.e. da sua densidade (12). Do outro lado um tratamento hidrofugante não pode impedir a corrosão das armaduras a partir do momento em que a carbonatação chega a estas. Não obstante, o tratamento hidrofugante do betão armado tem sentido, não só porque protege o suporte carbonatado contra as intempéries mas também porque diminui a conversão dos carbonatos de cálcio por dióxido de enxofre (produzindo gesso), provocando altas pressões e uma deterioração do material. Também a corrosão por cloro (p.e. sob a influência dos sais antigelo nas estradas ou ambientes marítimos) pode ser reduzida por um tratamento hidrofugante eficaz, porque a água que penetra é em geral a maior causa de danos por sais.

As juntas de argamassa à base de cimento, de densidade relativamente baixa mostram um coeficiente de carbonatação muito elevado ($c > 30$) e por isso a alcalinidade diminui rapidamente. A penetração é relativamente alta. Mesmo juntas frescas deveriam ser tratadas com hidrofugantes depois de algumas semanas, desde que a velocidade de secagem e a reacção química não sejam perturbadas por um tratamento hidrofugante. Porém, por causa da alta velocidade de carbonatação, a alcalinidade só tem uma ligeira influência.

EXIGÊNCIAS PARA A APLICAÇÃO DOS HIDROFUGANTES

Foram referidas até aqui as exigências dos produtos hidrofugantes. Porém, a performance dum tratamento hidrofugante não só depende da qualidade do produto hidrofugante mas em grande parte da técnica de aplicação e outros factores. A WTA não só estabeleceu uma lista de exigências para os

produtos hidrofugantes mas as folhas técnicas (4) também especificam as exigências para a aplicação dos hidrofugantes. Estas são:

- As falhas estruturais e os seus danos devem ser reparados.
- A profundidade de impregnação deve ser tecnicamente a maior possível.
- A superfície a tratar deve ser apropriada para o hidrófugo, ou seja deve ser limpa e capaz de o suportar ela própria (material de revestimento, gesso ou tintas).
- Os materiais hidro-solúveis não devem penetrar até por detrás da área hidrófoba.
- A aplicação deve ser efectuada com temperaturas entre 10 e 25°C.
- A humidade necessária para permitir a reacção deve ser avaliável.
- Nos casos de teores de sais muito elevados deve ser efectuada uma conversão de sal, por exemplo utilizando um hidróxido de bário.

Um tratamento hidrofugante que foi efectuada deficientemente pode mesmo provocar danos importantes. Uma profundidade de impregnação insuficiente pode provocar a separação da zona hidrófoba quando a humidade e sobretudo os sais se depositam atrás da superfície tratada. Quanto mais fina for a zona hidrófoba, tanto menos estável ela é e menos pode resistir às altas pressões provocadas quando os sais cristalizam dentro das áreas hidrofílicas, tornando-se estas friáveis. É importante considerar que a resistência mecânica dum pedra húmida é inferior à resistência do material seco. Por isso geralmente as fricções de adesão não ocorrem na zona interface a qual não é rigorosamente definida, mas fricções de coesão aparecem dentro da zona hidrofílica.

Também é relevante que a velocidade de secagem através da superfície hidrófoba será altamente reduzida. Conforme o British Standard 6477 poderia

mesmo ser reduzida até 90% do valor inicial. Porém, no interface cristalino dentro do material hidrofílico, a água deve evaporar-se e só pode penetrar na zona hidrófoba como um gás. Consequentemente, áreas fracas formadas quando a humidade chega atrás da superfície hidrófoba permanecem lá por um período mais longo. Isso é particularmente perigoso para tijolos e pedras calcárias que não resistem ao gelo, e também para pedras naturais parcialmente deterioradas. Em certos casos é mesmo necessário endurecer a superfície da pedra para assegurar uma estabilidade suficiente antes do tratamento hidrófugo. Falhas estruturais devem ser reparadas muito cuidadosamente para evitar a humidade ou fixação dos sais atrás da superfície hidrófoba e para evitar os danos que podem ocorrer e que seriam injustamente considerados como causados pelo tratamento hidrofugante.

Um tratamento hidrofugante não pode tornar um material de construção inapropriado, como por exemplo uma pedra calcária de baixa qualidade ou um tijolo que não deveria ser utilizado no exterior, num material de construção apropriado (por exemplo resistente ao gelo). Isso pode provocar danos importantes. Quando recebemos informações sobre danos deste género, tentamos perceber o fenómeno através de ensaios no laboratório. Sujeitámos tijolos e pedras calcárias a tratamentos hidrofugantes. Cortámos as amostras e colocámo-las com face aberta numa solução saturada de sulfato de sódio: assim a água e sal podem alcançar a zona por detrás da camada hidrófoba. Em todos os casos encontrámos superfícies friáveis e deterioração depois de algumas semanas. Contudo, encontrámos mais cedo danos nas amostras não tratadas dos tijolos vermelhos de média densidade. Em contraste a pedra calcária tratada com hidrofugante ficou danificada mais cedo — a superfície descascou.

Porém, o material testado não era apropriado para uso no exterior devido ao seu elevado teor de partículas de quartzo incluídas.

A CONCENTRAÇÃO DOS FLUIDOS DE IMPREGNAÇÃO

Acima dum certo teor de sólidos de cerca de 5-10% de peso, a eficácia dum impregnação com siloxanos não depende desse teor. Teores mais elevados não só são mais caros, mas também deveriam ser evitados porque uma quantidade suficiente de solvente é necessária para obter uma boa penetração. Só os silanos que já têm uma característica de solvente não precisam

COMPORTAMENTO A LONGO PRAZO DOS TRATAMENTOS HIDROFUGANTES EM ALVENARIAS

A quantidade de siloxanos necessária para obter um tratamento hidrófugo eficaz e uma resistência elevada contra as intempéries depende das características da pedra, da sua porosidade e da distribuição das dimensões dos poros. Isso pode ser deduzido dum documento do Laboratório WTCB/CSTC (*) que faz um relatório dos ensaios efectuados em diferentes materiais tratados com hidrofugantes. Os resultados são dados na Tabela 3. Nestes ensaios a absorção de água não era medida pelo usual método gravimétrico, mas utilizando o tubo de ensaio de Karsten, que mede o volume de água que penetra a superfície hidrófoba.

As amostras de pedra tratadas foram sujeitas a testes de deterioração (acelerados) para obter condições similares às reais. Um ciclo consiste em 2 horas de radiação UV e chuva à temperatura de 25°C e seguidas de 2 horas de radiação à 40°C. Depois de 200 ciclos na pedra de Savonnière, a qual é extremamente difícil de impregnar, uma absorção relativa de água de 14% foi obtida (quer dizer 14% da absorção de água da pedra não tratada) utilizando um fluido impregnante com teor de sólidos de 10%. Utilizando um teor de 5%, a absorção relativa de água nesta pedra natural era alta: 45%. Na pedra de Massangis uma absorção relativa de água de 10% foi obtida utilizando fluidos impregnantes com teores de sólidos de 5 a 10%. Uma solução de 5% de sólidos era suficiente para tratar tijolos. 5% de sólidos foi também suficiente para tratar a pedra para máquina.

Quando a pedra de Euville foi tratada utilizando 10% de sólidos, depois de 200 ciclos foi medida uma absorção de 10%, mas aplicando 5% de sólidos a absorção relativa de água medida foi de 80%. Já que os volumes de poros da pedra Euville (13,9%) e da pedra de Massangis (16%) são comparáveis, o volume dos poros não pode ser o principal responsável para estes resultados. Quando ao comparar adicionalmente o consumo (valores entre parênteses na tabela 3) que era mais elevado para a pedra de Euville que para a Massangis, é óbvio que o tipo de pedra tem uma influência extremamente significativa na eficácia dum tratamento hidrofugante. Porém, temos de compreender que a resistência às intempéries dum tratamento hidrofugante depende principalmente do grau de ligação química do siloxano ao suporte. A ocorrência destas ligações é conhecida, mas os pormenores realmente ainda não são conhecidos.

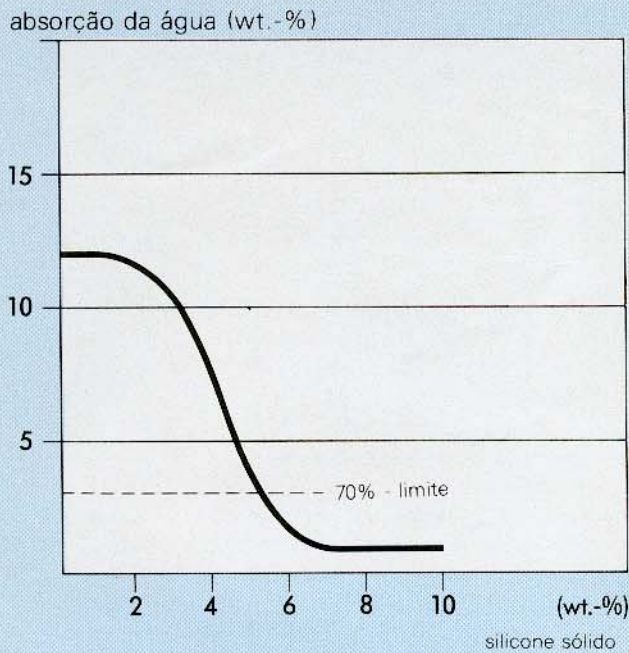


Fig. 14 — A absorção de água pela pedra calcária depois de 24 horas de imersão, em função do teor de sólidos é mostrada no gráfico.

de solvente adicional. A absorção de água de pedra calcária depois de 24 horas de imersão, em função do teor de sólidos é mostrada no gráfico 14. Como se pode ver, com 5% de sólidos o limite de 70% é obtido, mas acima de 6-8% de sólidos o nível de absorção de água não pode ser mais reduzido.

Estes resultados experimentais não surpreendem desde que a tensão superficial atinja o valor mais baixo de 22 mN/m logo que a superfície disponível de todos os poros e capilares seja coberta com uma camada fina de siloxano. A tensão superficial não depende da espessura da camada de siloxano. Por isso os hidrofugantes que apresentam o maior poder de difusão têm o maior interesse económico: estes são os metilsiloxanos.

A REAPLICAÇÃO DA IMPREGNAÇÃO

Como se pode ver na tabela 2 é perigoso utilizar fluidos impregnantes com um teor de sólidos muito baixo. A tabela mostra a absorção de água da pedra calcária não tratada depois de 24 horas de imersão. Utilizando 2% de teor de sólidos, mesmo 3 impregnações não resultam numa absorção de 1-2%, que pode ser obtido com uma só impregnação com 6% de sólidos. Porém, aplicando neste material uma solução de 8-10% de sólidos, obtém-se a maior redução possível da absorção de água; não pode ser mais reduzida, mesmo com tratamentos subsequentes.

Tabela 2 — A reapplicação da impregnação

	absorção da água (wt.-%) do calcário após 24 horas de imersão na água				
	concentração (wt.-%) do fluido				
	2	4	6	8	10
não tratada	12.5				
1 × tratada	12.3	8.5	1.9	0.9	0.6
2 × tratada	8.6	4.0	1.6	0.7	0.8
3 × tratada	5.3	1.8	1.5	0.8	0.5

Tabela 3 — Absorção de água depois de 200 ciclos (2 horas de radiação e chuva a 25°C, 2 horas de radiação a 40°C); simplesmente tratada com oligossiloxano, solvente: white spirit

	poros-vol. (%)	densidade (kg · m ⁻³)	absorção de água antes do tratamento simples em ml	absorção de água depois do tratamento (consumo em g · m ⁻²)		
				sólidos (wt.-%)		
				2.5	5.0	10.0
Pedra de Euville	13.9	2201	2.0	2.0 (359)	1.6 (282)	0.1 (330)
Pedra de Massangis	16.0	2263	0.3	0.1 (201)	0.02 (193)	0.02 (193)
Pedra de Savonnière	33.4	1813	1.1	0.6 (318)	0.5 (296)	0.15 (237)
Tijolos	35.3	1717	17.5	2.2 (607)	0.2 (509)	0.2 (422)

PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA APÓS O TRATAMENTO COM SILOXANOS

O relatório do laboratório WTCB (*) também descreve os efeitos na permeabilidade ao vapor de água. Foi demonstrado que mesmo quando eram aplica-

Tabela 4 — Redução da permeabilidade do vapor de água

metiletoxissiloxano solvente: white spirit	$\Lambda \cdot 10^6$ (g · m ⁻² · s ⁻¹)	
	não tratada	tratada
10%	0.108	0.105
5%	0.113	0.112
2.5%	0.111	0.111

dos fluidos com teor de sólidos de 10%, a permeabilidade ao vapor de água não foi alterada de uma maneira importante. Consequentemente a permeabilidade ao vapor de água não vai ser reduzida significativamente quando se aplica um metiletoxissiloxano como hidrofugante (Tabela 4).

PREVISÕES

Já se aplicam há muitos anos os tratamentos hidrofugantes para secar paredes húmidas na restauração de mo-

numentos no mundo inteiro, mas é raramente considerada como uma protecção profiláctica. Porém, esta é a mais importante: evidentemente, é menos caro prevenir os edifícios de danos do que executar dispendiosas obras de restauração. No futuro o tratamento profiláctico de fachadas utilizando os siloxanos descritos como hidrofugantes tornar-se-á provavelmente muito mais importante.

(*) WTCB/CSTC Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf. Centre Scientifique et Technique de la Construction, Bruxelas, Bélgica.

HIDRÓFUGOS DE SUPERFÍCIE

ESCOLHA E COLOCAÇÃO EM OBRA

*Centre Scientifique et Technique
de la Construction*

1. INTRODUÇÃO

Os hidrófugos de superfície são de aparição relativamente recente no mercado. Há trinta anos, os primeiros eram formulados principalmente a partir de silicatos ou de silicones polímeros. As propriedades de impermeabilidade à água e de permeabilidade ao vapor dos tratamentos realizados com a ajuda destes produtos deixaram entrever possibilidades de utilização importantes respondendo a uma necessidade real no sector da construção. Infelizmente, a falta de informação e uma certa inexperiência dos aplicadores provocaram numerosas utilizações falíveis ou inadaptadas, desacreditando o conjunto dos tratamentos hidrófugos.

Actualmente, os trabalhos de renovação e/ou manutenção das fachadas, de isolamento térmico das paredes exteriores... implicam uma necessidade crescente de aplicação dos produtos hidrófugos e provocam consequentemente a multiplicação das fórmulas apresentadas no mercado. Se este fenómeno satisfaz naturalmente os fabricantes, o aplicador, pelo contrário, é pouco informado tecnicamente e a sua perplexidade aumenta perante a diversidade dos produtos propostos.

Esta situação incitou o C.S.T.C. a realizar várias pesquisas subvencionadas pelo «Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture» da Bélgica:

- 1967: estudo da aplicação de três formulações de silicones polímeros sobre quarenta tipos de pedras calcárias.
- 1976: investigações e medidas nas construções sobre a eficácia e a durabilidade dos tratamentos hidrófugos.
- 1978: estudo sistemático em laboratório dos produtos hidrófugos aplicados sobre materiais correntemente utilizados em fachada.

Este texto de informação técnica resume os resultados desses trabalhos assim como os ensinamentos tirados dos contactos com os especialistas belgas e de outras nacionalidades.

A sua finalidade é a de colocar à disposição das empresas um máximo de dados para a escolha de produtos hidrófugos a aplicar em função dos suportes, para a sua própria aplicação, sobre os seus efeitos secundários e sobre a eficácia e durabilidade a esperar dos tratamentos por meio desses produtos.

2. OBJECTIVOS DA HIDROFUGAÇÃO

O objectivo da hidrofugação ou da aplicação de produtos hidrófugos sobre os materiais é a de tornar a sua superfície impermeável à água líquida, permitindo contudo a passagem do vapor de água.

Esta última característica é importante para a maioria das alvenarias exteriores porque permite que o vapor gerado nos interiores ou a água que eventualmente penetrou pelas fissuras ou capilares importantes saiam para o exterior.

A permeabilidade ao vapor de água é devida ao facto de os produtos hidrófugos não fecharem os capilares nem formarem um «filme» à superfície mas revestirem as paredes dos poros dos capilares tratados com uma rede de espessura extremamente fina de grupos hidrófugos.

Além disso, nas condições normais de aplicação, os produtos hidrófugos não modificam sensivelmente o aspecto da superfície dos materiais tratados.

Vistas as características particularmente interessantes dos produtos hidrófugos, estes utilizam-se para:

- impedir a penetração da água no interior das construções.
- trabalhos de renovação ou de manutenção das fachadas.

- protecção das paredes exteriores após a aplicação dum isolamento térmico.

2.1 Protecção contra a penetração da água no interior das construções

As alvenarias orientadas a sul e a oeste são particularmente expostas às penetrações de água produzidas pela chuva batente, as quais não só reduzem a durabilidade dos materiais constitutivos das paredes exteriores mas também provocam desgastes nos paramentos interiores.

Para impedir as infiltrações, é frequentemente aconselhável proceder a tratamentos hidrófobos destinados a reduzir ou a neutralizar as penetrações de água sem constituir uma barreira estanque ao vapor de água gerado no interior das construções.

A aplicação de produtos hidrófugos aumenta deste modo a durabilidade dos materiais porosos da fachada, protegendo-os do ataque dos agentes de poluição dissolvidos na água da chuva (SO₂) e diminuindo os riscos de degradação pelo gelo.

2.2 Renovação e manutenção das fachadas

A renovação e manutenção dos edifícios e particularmente a limpeza das fachadas, implicam a necessidade de preservar o aspecto dos materiais da fachada e/ou de os proteger contra as penetrações da água.

Os hidrófugos de superfície são aconselhados para:

- retardar o fenómeno de manchagem das fachadas (após uma lavagem por exemplo); a acção de autolavagem é tanto mais visível quanto mais as fachadas estão expostas a chuva batente (sul, oeste).

3.3 Organometálicos

Entre todos os produtos hidrófugos, os organometálicos são os de aparição mais recente e as informações dos fabricantes são muito menos evasivas quanto à sua formulação.

Estes produtos são especialmente compostos orgânicos de titânio e estearatos de alumínio. Considerando a sua estrutura mista orgânica-inorgânica, a sua acção pode aparentar-se à dos silicões.

3.4 Observação

Existem no mercado outros produtos que não foram citados, seja porque ou são de uso excepcional ou não respondem à definição de hidrófugos de superfície dada no início deste texto.

3.5 O acondicionamento dos produtos hidrófugos

O utilizador encontra-se não somente diante de uma grande diversidade de produtos mas é confrontado também com o problema de existirem dois tipos de acondicionamento:

- Soluções prontas a usar ao acaso independentemente da natureza ou da porosidade dos suportes. Estas soluções, cuja diluição é realizada pelo fabricante, são siliconatos, organometálicos e, acessoriamente, silicões (monómeros, oligómeros ou polímeros).
- soluções «mães» ou soluções concentradas, para diluir no solvente recomendado antes da aplicação pelo utilizador. Em oposição às soluções prontas a usar, as soluções «mães» são sobretudo do tipo silicões (monómeros, oligómeros ou polímeros).

4 CONSELHOS PRÁTICOS PARA A APLICAÇÃO DOS PRODUTOS HIDRÓFUGOS

O objectivo deste capítulo que é baseado nos resultados dos ensaios e medidas efectuadas «in situ» e em laboratório, é responder o melhor possível às questões que se colocam aos profissionais encarregados de aplicar um tratamento de hidrofugação:

- escolha do produto
- concentração a utilizar
- técnica de aplicação e quantidade de produto a prever
- estado do suporte
- profundidade de penetração do produto
- eficácia inicial e durabilidade que se pode esperar de um tratamento
- efeitos secundários a prever
- garantia oferecida pelo tratamento.

4.1 Escolha do produto hidrófugo

Na base dos resultados dos ensaios, parece difícil orientar sistematicamente a escolha em direcção a uma ou outra família de produtos: resinas silicões, siloxanos, silanos ou organometálicos.

Com efeito, cada família compreende produtos com maior ou menor êxito seja qual for o suporte considerado. Contudo, é interessante notar que para os 25 produtos examinados, existe uma tendência geral para uma eficácia óptima diferente consoante o tipo de suporte: materiais porosos do tipo tijolo ou pedra natural (Fig. 1, 2, 3, 4).

Esta tendência é tanto mais interessante quanto existe uma inversão flagrante do ponto de vista da eficácia e durabilidade das famílias de produtos conforme o suporte é tijolo ou pedra branca calcária.

Uma outra razão que pode justificar o emprego de uma família particular de produtos, está ligada ao tipo de formulação dos compostos o que influencia especialmente:

- o potencial grau de penetração dos produtos nos suportes húmidos.

Os silanos e certos siloxanos são ou podem ser diluídos num solvente alcoólico (ou seja miscível em água), o que influencia favoravelmente a sua penetração em suportes ligeiramente húmidos. Lembramos aqui que os produtos em fase aquosa, utilizados correntemente ainda há alguns anos (silicões em emulsão, siliconatos...) e que são nitidamente menos influenciados pelo estado de humidade dos suportes não são já empregados para tratamentos «in situ»:

- a penetração nos materiais com capilares finos.

O diâmetro dos poros e dos capilares da maior parte dos materiais de construção é bastante superior à das moléculas dos produtos hidrófugos, mesmo totalmente polimerizadas. Todavia, para certos suportes como betões muito compactos (diâmetro dos poros muito pequeno), a utilização de soluções monómeras (silanos) ou oligómeros (siloxanos) pode favorecer a profundidade de penetração:

- a acção fungicida dos produtos (antimúscos...)

Todos os tratamentos hidrófugos têm uma acção fungicida e alguicida uma vez que diminuem a humidade dos suportes.

Os compostos organometálicos têm todavia uma acção fungicida mais forte devido à sua fórmula.

- a resistência aos alcalis.

Para o tratamento hidrófugo de suportes alcalinos é necessário assegurar-se junto do fabricante sobre o comportamento do produto para pH superiores a 11.

Resumindo, a escolha de um produto hidrófugo deve fazer-se pela ordem seguinte:

- consultar e comparar as curvas de eficácia e de durabilidade dos diferentes produtos sobre o suporte mais correspondente ao material da fachada a tratar.
- assegurar-se da resistência dos produtos aos alcalis se as superfícies a tratar são básicas (argamassas ou betões jovens).
- no caso de características semelhantes, escolher soluções com base em critérios particulares: melhor penetração sobre um suporte ligeiramente húmido, acção fungicida particular, produto pronto a usar, produto a diluir.

4.2 Concentração dos produtos hidrófugos a aplicar

Os produtos hidrófugos encontram-se no comércio sob duas formas:

- soluções prontas a usar.
- soluções concentradas ou soluções «mães».

4.2.1 Soluções prontas a usar

O problema da diluição não se põe para os produtos apresentados em soluções prontas a usar.

Os fabricantes desaconselham sempre qualquer adição a estes produtos.

Parece-nos todavia interessante no caso de um suporte muito pouco poroso (granito...) diluir o produto hidrófugo até uma concentração próxima dos 2.5% utilizando um solvente apropriado e com o acordo do fabricante.

4.2.2 Soluções «mães» ou concentradas

Além destas vantagens económicas, as soluções concentradas permitem ao utilizador adaptar, por diluição nos solventes prescritos, a concentração do produto em função do suporte a tratar.

Poucos dados estão disponíveis sobre as concentrações óptimas; isso resulta em incertezas que não se podem dissipar senão através de uma longa experiência pessoal.

Os grandes fornecedores têm, actualmente, a tendência a comercializar produtos em solução muito concentrada, indo até 100% de matéria activa.

Esta apresentação reduz sensivelmente as despesas de transporte e permite não ter em conta as flutuações do preço dos solventes.

Em caso de dúvida ou de falta de dados da parte da firma distribuidora, podem reter-se os seguintes valores, baseados nos resultados dos estudos realizados no C.S.T.C.:

- granito de grão fino ou pedra azul calcária: soluções inferiores a 2.5% de matéria activa.

Lembramos que não haveria razão para hidrofugar estes materiais se eles não fizessem parte integrante de numerosas construções (envasamentos, solos...).

No caso de aplicação de soluções com concentração mais forte, é possível reduzir os fenómenos de mancha-gem retocando imediatamente as superfícies tratadas por meio de solventes puros.

— betões decorativos: concentrações de 3 a 5% para betões brancos lisos e betões com inertes aparentes.

Para os betões «muito porosos» (absorção superior a 6% na totalidade), é desejável aplicar duas camadas de produto de preferência a aumentar a sua concentração.

— tijolos: segundo a sua porosidade soluções de 5 a 8% de matéria activa.

Certos tijolos não porosos apresentam após a hidrofugação, fenómenos de mancha-gem (como no granito de grão fino). Não devem ser tratados com soluções superiores a 2,5% de matéria activa.

— pedras brancas calcárias: soluções em função da porosidade global e dos diâmetros dos poros mais representativos, esta última noção é muitas vezes vizinha do diâmetro d_{10} que exprime o diâmetro correspondente a um décimo da porosidade global do material.

Com efeito, os ensaios mostraram, particularmente para os suportes em pedra branca natural, que a concentração em matéria activa das soluções a aplicar não dependia unicamente da porosidade global mas também da porosidade porométrica (diâmetro dos capilares).

Os valores limites da concentração em matéria activa das soluções são dados na tabela 2.

Com efeito, esses produtos perdem, por evaporação e por reacção, uma parte mais ou menos importante da matéria activa consoante o tipo de suporte e os catalizadores utilizados. A razão resina polimerizada/matéria activa pode ser obtida junto do fabricante: isso permitirá calcular o factor multiplicativo da concentração.

4.3 Métodos de aplicação dos produtos hidrófugos e quantidade de produto a aplicar

Antes de aplicar um produto hidrófugo, é preciso verificar se ele não apresenta sinais de envelhecimento evidentes, tais como depósitos ou gelificação, devidos a um depósito em armazém inadequado ou muito longo (aconselha-se a consulta das fichas técnicas dos produtos para os prazos de utilização e as condições de armazenamento).

A aplicação dos produtos hidrófugos não coloca qualquer dificuldade e pode fazer-se:

- com pincel (ou com rolo)
- com pulverizador

A aplicação com pulverizador é particularmente recomendada para as fachadas com poucas ou nenhuma janela (manchagem dos vidros pelos produtos).

É importante obter à saída da agulheta um jacto dividido de preferência a uma névoa. Logo que a projecção se efectua sob a forma de névoa, uma parte importante dos solventes evapora-se antes que o produto entre em contacto com o suporte e a acção mecânica da pulverização arrisca destruir certas ligações químicas no seio do produto.

Quer o tratamento se faça com o pincel ou o pulverizador, é primordial aplicar o produto em excesso, de maneira a provocar um escorrimento sobre a totalidade das superfícies a tratar.

Para o cálculo do orçamento ou controlo global das aplicações é interessante conhecer as quantidades aproximadas, necessárias, para o tratamento hidrófugo de um material.

Os resultados dos ensaios realizados pelo C.S.T.C. que correspondem aos dados dos fabricantes, indicam:

- para as pedras brancas calcárias: 200 a 500 g/m² (atenção, para os tu-fos calcários estas quantidades podem atingir vários litros por metro quadrado).
- para os tijolos: 300 a 600 g/m².
- para os materiais pouco porosos (betões, argamassas compactas...): 50 a 200 g/m².

No caso de trabalhos muito importantes, um ensaio em cerca de 1 m² permite estimar rapidamente a quantidade de produto necessário.

É preciso notar que o tratamento hidrófugo de suportes muito porosos necessita não só de uma quantidade importante de produto mas também de uma concentração elevada de matérias activas e de um tempo de aplicação mais demorado. Estes três parâmetros têm um efeito cumulativo no custo global de um tratamento.

4.4 Estado do suporte na altura da aplicação do produto hidrófugo

O material sobre o qual se deve proceder a um tratamento de hidrofugação tem de ser suficientemente compacto, limpo e seco.

É desaconselhável aplicar os produtos em tempo frio (temperatura inferior a 5°C) ou quando a fachada se encontra exposta à incidência dos raios solares em tempo quente (temperatura da superfície superior a 40°C).

4.4.1 Compacidade do suporte

A compacidade dos materiais a tratar deve ser considerada sob um duplo ponto de vista:

- presença de cavidades e fissuras
- Desde que as cavidades e fissuras ultrapassem 0,3 mm (visíveis a olho nu), elas fazem baixar rapidamente a eficácia global do tratamento hidrófugo. Isto é fácil de compreender, já que a aplicação dos produtos não tem por objectivo fechar os poros, as cavidades e as fissuras:

- pulverulência ou encrostamento da superfície do suporte.

Não se espere que um tratamento de hidrofugação preserve os materiais em mau estado da pulverulência ou da exfoliação.

Pelo contrário no caso de penetração insuficiente do produto, podem acelerar-se os fenómenos de degradação das superfícies friáveis.

4.4.2 Limpeza do suporte

Ainda que para numerosos tratamentos de superfície o estado de limpeza do

Tabela 2

Pedras brancas calcárias	Repartição porométrica (*) baseada sobre $d_{10} < 5 \mu\text{m} \dots d_{10} > 50 \mu\text{m}$
Medianamente porosas (porosidade global expressa em volume igual a 10 a 25%)	6% ————— 10%
Muito porosas (porosidade global expressa em volume superior a 25%)	8% ————— 12%

(*) Estes valores são tomados da N.I.T. 60 Pedras brancas naturais (Julho 1970).

4.2.3 Notas

Os teores em matéria activa dados nos parágrafos 4.2.1 e 4.2.2 devem ser multiplicados por um factor de 2 a 6 se se utilizam silicones oligómeros (siloxanos) ou monómeros (silanos).

O facto de começar a aplicação por cima ou por baixo nas fachadas é apenas uma questão acessória ainda que qualquer dos métodos tenha os seus defensores.

Deve-se dar uma atenção particular a nível das juntas para evitar a existência de zonas não tratadas.

suporte seja essencial, não acontece o mesmo no caso da aplicação de produtos hidrófugos.

Todavia, a hidrofugação de uma superfície suja, fixa a sujidade no suporte, o que torna as limpezas posteriores muito difíceis.

4.4.3 Grau de secura do suporte

A humidade dos materiais compromete a penetração dos produtos e consequentemente a eficácia e a durabilidade do tratamento.

Esse facto é tanto mais incómodo, quanto a hidrofugação se faz, na maior parte das vezes depois da limpeza das fachadas ou em paredes muito expostas às chuvas batentes.

É difícil dar as percentagens de humidade dos materiais a partir das quais se pode efectuar um tratamento hidrófugo, dado que não existem métodos simples e precisos de controlo «in situ».

É mais realista para o aplicador basear-se numa regra simples: prever um espaço de três dias secos entre a limpeza do suporte (ou uma forte chuvada na fachada exposta) e a hidrofugação. Esse espaço de tempo deve ser prolongado no caso de limpeza por jacto.

Paralelamente a esta regra, o aplicador, antes de proceder ao tratamento, é obrigado a certificar-se visualmente se o conjunto da fachada não apresenta manchas devidas a zonas de retenção de humidade.

Em caso de dúvida escolher-se-ão, de preferência, produtos em solução alcoólica (silanos, certos siloxanos) que são menos influenciados por uma ligeira humidade dos materiais do suporte.

4.5 Profundidade de penetração dos produtos hidrófugos

Os resultados das medições realizadas em provetes mostraram, para o conjunto dos materiais porosos (tijolos e pedras brancas calcárias), profundidades de penetração importantes (até 20 mm), superiores aos valores correntemente admitidos.

Para os tijolos e a pedra branca de Euville, a profundidade média de penetração é da ordem dos 10 mm; para as pedras de Massangis ou Savonnières esse valor diminui para 5 mm.

É preciso notar que para um mesmo produto a eficácia em profundidade é proporcional à concentração aplicada, isto é, soluções a 10% permitem uma hidrofugação eficaz a profundidades maiores que as soluções a 5 ou a 2,5%.

4.6 Eficácia e durabilidade dos tratamentos hidrófugos

Salvo excepção, todos os produtos hidrófugos comercializados têm uma boa eficácia inicial, mesmo no caso de

concentrações bastante fracas em matérias activas.

Essa constatação bastante importante implica que um primeiro ensaio, alguns dias depois da aplicação do produto, pode ser um controlo interessante mas não constitui em caso algum um critério de selecção válido de um produto hidrófugo.

O mesmo acontece para o «ensaio perlante» das superfícies tratadas, ensaio bastante espectacular que traduz um fenómeno de superfície que acaba por desaparecer após algumas semanas.

A característica principal que é preciso ter em conta para a escolha dos produtos é durabilidade da acção hidrófoba.

Esta durabilidade está ligada ao tipo de produto mas é também fortemente influenciada pelos cuidados utilizados durante a aplicação, pelo estado do suporte e por condições de exposição dos materiais tratados.

O conjunto destes parâmetros explica a dificuldade de calcular exactamente a durabilidade real de um tratamento com base em resultados de ensaios acelerados em laboratório sobre produtos hidrófugos.

Todavia, o conjunto dos ensaios realizados no C.S.T.C. permite afirmar uma durabilidade real de cerca de 10 anos para os bons produtos (absorção nula após 210 ciclos de envelhecimento acelerado) aplicadas segundo as regras.

Esta durabilidade é aliás comparável à de outros tratamentos de superfície.

No que diz respeito à durabilidade dos tratamentos hidrófugos, é interessante abordar o problema da garantia dada por certos fabricantes. Se o princípio é louvável, as modalidades práticas são muito vagas.

Uma melhoria nítida no tratamento desta questão consistiria numa garantia quantificada (por exemplo em percentagem de eficácia) dada pelo aplicador e baseada em medições antes do tratamento hidrófugo, depois da hidrofugação e em caso de eventuais problemas.

Como não existem tais modalidades nos contratos, parece-nos preferível, na escolha dos produtos hidrófugos assegurarmo-nos dos seus valores de eficácia e durabilidade do que duma eventual garantia que não pode ter em conta os numerosos parâmetros de um tratamento de hidrofugação.

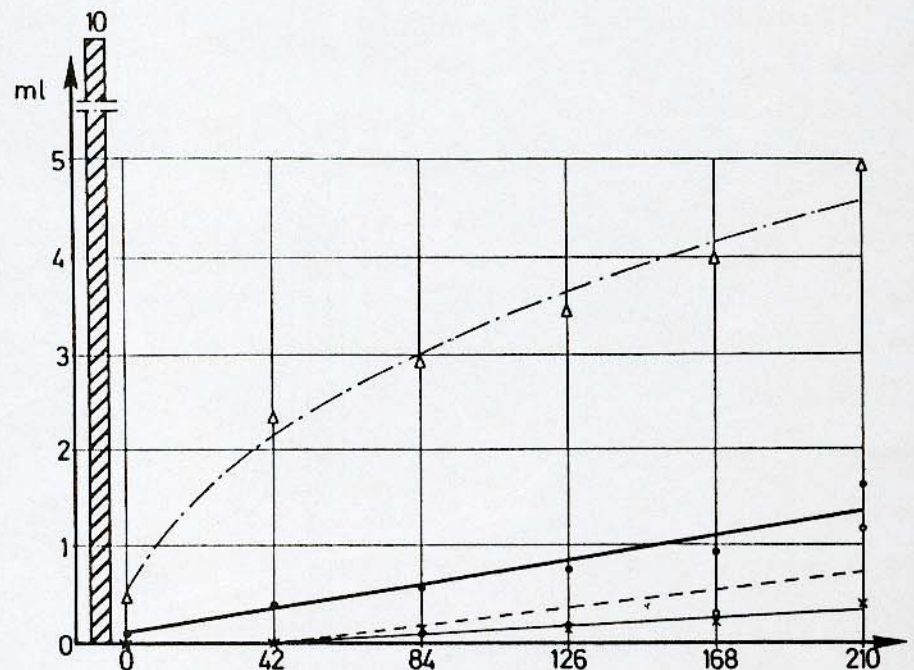


Fig. 1 — Eficácia e durabilidade média de produtos hidrófugos de diferentes famílias aplicadas sobre tijolos. Em abcissa, número de ciclos de envelhecimento acelerado. Em ordenada, absorção de água de superfície em mililitros (ensaio com o tubo de Karsten).

- × — × média de 8 monómeros e oligómeros no mercado
- — ● média de hidrófugos disponíveis no mercado
- — ○ média de 21 polímeros
- △ — △ média de 5 organo-metálicos
- ▨ absorção da água de superfície antes do tratamento

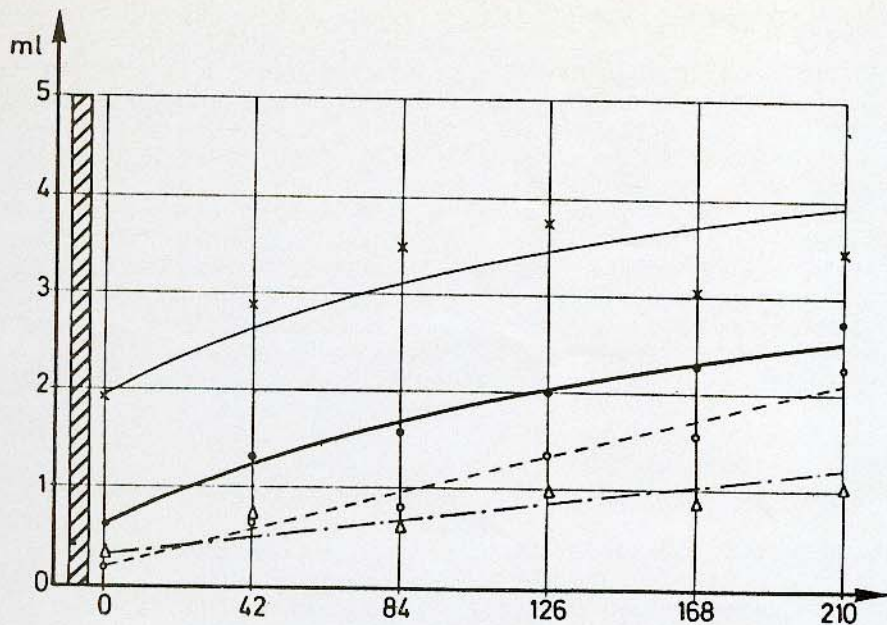


Fig. 2 — Eficácia e durabilidade média de produtos hidrófugos de diferentes famílias aplicadas sobre pedras brancas calcárias de Savonnières. Em abcissa, número de ciclos de envelhecimento acelerado. Em ordenada, absorção de água de superfície em mililitros (ensaio com o tubo de Karsten).

- x — x média de 8 monómeros e oligómeros no mercado
- — ● média de hidrófugos disponíveis no mercado
- o — o média de 21 polímeros
- Δ — Δ média de 5 organo-metálicos
- ▨ absorção da água de superfície antes do tratamento

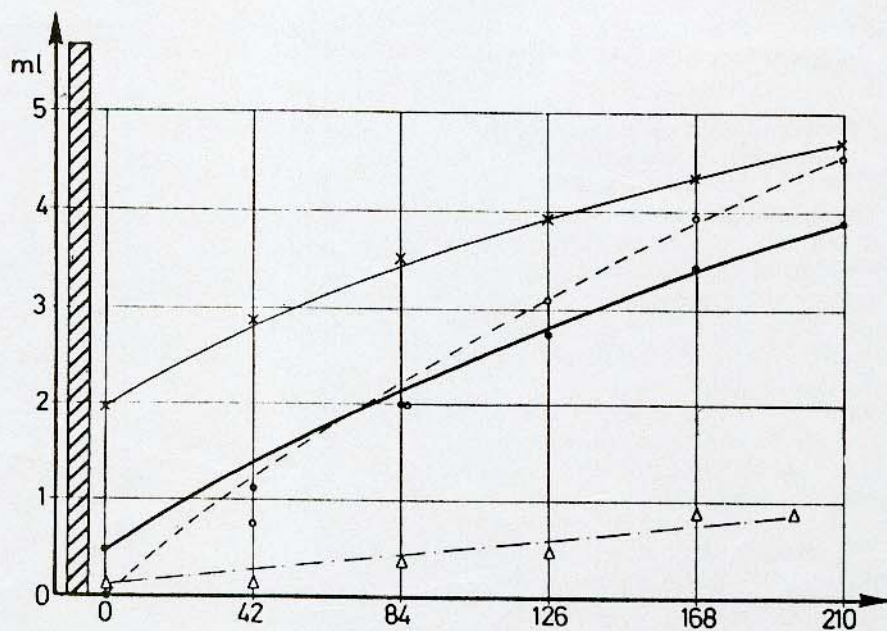


Fig. 3 — Eficácia e durabilidade média de produtos hidrófugos de diferentes famílias aplicadas sobre pedras brancas calcárias de Euville. Em abcissa, número de ciclos de envelhecimento acelerado. Em ordenada, absorção de água de superfície em mililitros (ensaio com o tubo de Karsten).

- x — x média de 8 monómeros e oligómeros no mercado
- — ● média de hidrófugos disponíveis no mercado
- o — o média de 21 polímeros
- Δ — Δ média de 5 organo-metálicos
- ▨ absorção da água de superfície antes do tratamento

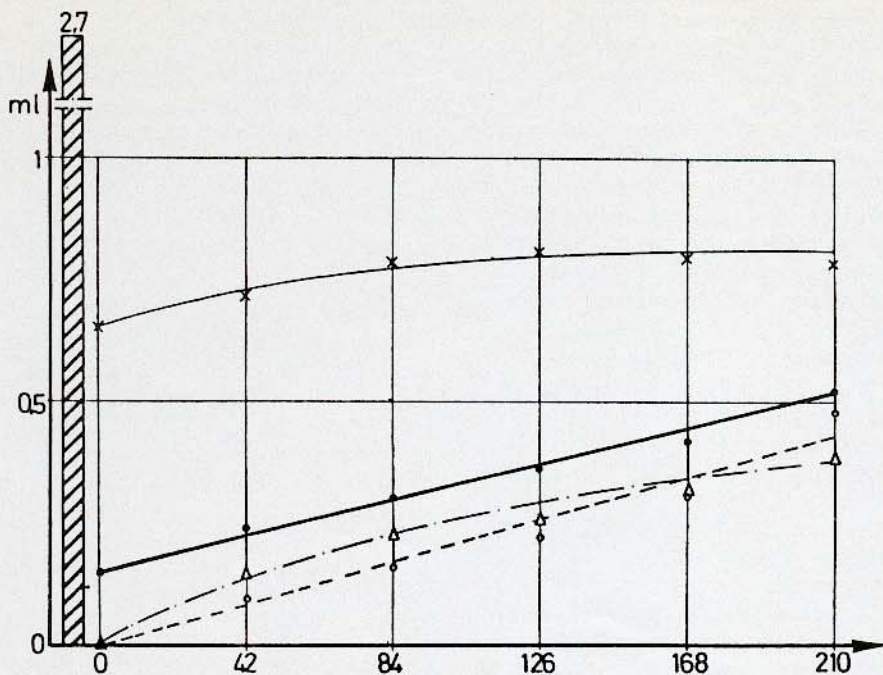


Fig. 4 — Eficácia e durabilidade média de produtos hidrófugos de diferentes famílias aplicadas sobre pedras calcárias de Massangis. Em abscissa, número de ciclos de envelhecimento acelerado. Em ordenada, absorção de água de superfície em mililitros (ensaio com o tubo de Karsten).

- x — média de 8 monômeros e oligômeros no mercado
- — — média de hidrófugos disponíveis no mercado
- o — média de 21 polímeros
- Δ — média de 5 organo-metálicos
- ▨ absorção da água de superfície antes do tratamento

4.7 Efeitos secundários dos tratamentos hidrófugos

4.7.1 Influência da hidrofugação sobre a aparência dos materiais

Em princípio a aplicação de produtos hidrófugos em concentrações correntemente utilizadas (inferiores a 12%) não modifica praticamente o aspecto de um suporte de material poroso (tijolos, pedras brancas calcárias...) e isto tanto menos quanto o tratamento se faça para fachadas inteiras. Sobre certos tipos de pedras com aspecto mais conservado, o tratamento pode pôr em evidência ligeiras manchas, que desaparecerão progressivamente em exposição natural.

4.7.2 Influência da hidrofugação sobre a condutividade do vapor de água dos materiais

A condutividade do vapor de água é uma característica positiva dos materiais de construção que traduz o poder de «respiração» de um material ou seja a propriedade de deixar passar o vapor de água produzido dentro das construções.

Os ensaios sobre um suporte de referência (bloco cerâmico homogêneo) mostraram uma influência fraca ou negligenciável dos tratamentos hidrófugos sobre a condutividade do vapor de água.

As diminuições de condutividade do vapor de água observadas são em média da ordem de:

- 0 a 20% para as soluções prontas a usar
- 0 a 5% para as soluções mães diluídas a 10%
- 0 a 1% para as soluções mães diluídas a 5%
- 0% para as soluções mães diluídas a 2,5%

4.7.3 Efeito de manchagens

Sobre os suportes muito pouco porosos (granito de grão fino...) pode ser minimizado o efeito de manchagem e de escorrimento, aplicando soluções muito diluídas com menos de 2,5% de matérias activas.

A aplicação de produtos hidrófugos sobre os materiais de construção não porosos é inútil e mesmo desaconselhável salvo casos particulares.

Sobre as superfícies vidradas especialmente, toda a mancha ou projecção accidental de produto deve ser eliminada o mais rapidamente possível por meio de um trapo embebido em solvente. Os produtos hidrófugos deixam com efeito sobre o vidro traços praticamente indestrutíveis.

4.7.4 Utilização dos produtos hidrófugos para impedir a aparição de eflorescências sobre os materiais

Esta utilização particular dos produtos hidrófugos está justificada por uma das suas propriedades secundárias.

Com efeito, a hidrofugação dos capilares impede não somente a penetração das chuvas batentes mas igualmente a migração através da superfície tratada de água com sais contidos nas alvenarias.

Se a utilização de produtos hidrófugos dá geralmente satisfação na luta contra a aparição de eflorescências, é importante assinalar que se podem produzir riscos de exfoliação ou fendilhação superficial dos materiais, sobretudo nos casos seguintes:

- profundidade de penetração insuficiente dos produtos.
- forte teor em sais nas paredes
- materiais pouco resistentes ou apresentando um começo de fendilhação.

O esquema da figura 5 mostra o processo de migração para o exterior da água carregada com sais, a blocagem dos sais ao nível da zona hidrofugada e a concentração dos sais que, por contracção de cristalização, podem ocasionar os efeitos citados.

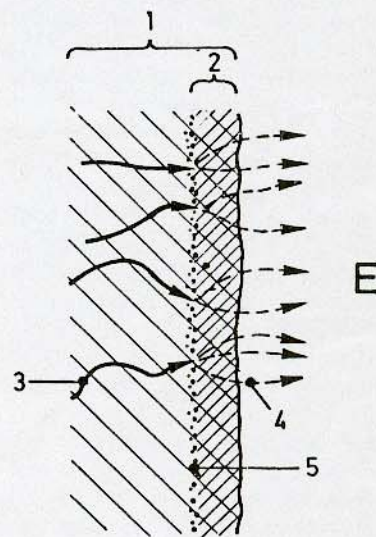


Fig. 5 — Corte de um material de fachada.

- 1 — Material
- 2 — Zona de penetração do produto hidrófugo
- 3 — Migração da água carregada em sais para o exterior
- 4 — Passagem do vapor de água através da zona hidrofugada
- 5 — Concentração dos sais
- 6 — Exterior

Não é condenável esta utilização dos produtos hidrófugos, mas é necessário que este método seja utilizado com discernimento, depois de se ter eliminado o máximo possível de sais (ciclos de molhagem-secagem, e escova a seco das eflorescências), e sobre materiais que possuam uma boa coesão das suas camadas superficiais.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados dos trabalhos realizados durante mais de 10 anos pelo C.S.T.C., pode-se afirmar que a hidrofugação de superfície constitui um tratamento válido na luta contra a penetração da água por capilaridade nos materiais.

Uma aplicação hidrófuga pode ser considerada para:

- favorecer a autolimpeza dos materiais porosos e, indirectamente, prolongar a limpeza das fachadas e em facilitar a manutenção.
- lutar contra as penetrações de água de maneira a diminuir os riscos de desgaste devidos ao gelo, a evitar a

degradação dos parâmetros internos, a favorecer conservação do coeficiente de isolamento térmico das alvenarias e a impedir a aparição de musgos ou de bolores sobre as paredes particularmente expostas.

A utilização de hidrófugos de superfície constitui uma solução tanto mais interessante quanto ela não afecta praticamente o aspecto dos materiais e a respiração das alvenarias não é influenciada senão de uma forma negligenciável (tratamentos não filmogéneos).

Todavia, um tratamento de hidrofugação válido implica diferentes precauções ligadas:

- à escolha judiciosa dos produtos e das concentrações em função do suporte a tratar e das condições particulares de utilização.
- à aplicação, e especialmente à necessidade de trabalhar sobre suportes suficientemente secos (3 dias secos antes da aplicação) e de cuidar para que a aplicação dos produtos se efectue de uma maneira contínua, uniforme e até à saturação.

Respeitando estas condições é possível realizar tratamentos de hidrofuga-

ção perfeitamente válidos por uma duração próxima dos 10 anos.

As características excepcionais dos produtos de hidrofugação não devem, como é muitas vezes o caso, ser considerados como remédios universais e conduzir a aplicações inadaptadas.

Com efeito, devido às suas próprias propriedades, estes produtos não convêm:

- para hidrofugar os materiais com textura muito aberta ou em mau estado; as fissuras (poros) e as cavidades superiores a 0,3 mm não se tornam estanques e as garantias de um bom resultado conjunto diminuem rapidamente para esses suportes;
- para hidrofugar as superfícies horizontais;
- para hidrofugar paredes enterradas ou em contacto permanente com a água;
- para lutar sistematicamente contra a aparição de eflorescências; uma aplicação duvidosa corre o risco de provocar exfoliações ligadas à blocagem dos sais por detrás da zona tratada.

MEDIÇÃO DA ABSORÇÃO DA ÁGUA PELO MÉTODO DO TUBO DE KARSTEN

A medição da porosidade da superfície realiza-se «in situ» e em laboratório com a ajuda do tubo de absorção (Fig. 6).

As medidas efectuam-se sob uma pressão de água inicial de 92 mm correspondente à acção estática de um vento de cerca de 140 km/h calculado a partir da equação com a altura da coluna de água (mm) correspondente à pressão (kg/m^2) exercida por esta coluna; com efeito 1mm na coluna de água corresponde a $1 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ v} =$ velocidade do vento correspondente (m/s).

A estanquicidade entre o bordo exterior do tubo em vidro e o material experimentado é conseguida por meio de um mastique especial, que não endurece e não se suja.

As medições depois do enchimento do tubo com água consistem nas leituras da diminuição do nível da água no tubo à medida que a água é absorvida pelo material. O tubo é graduado em décimas de ml.

Para o estudo em curso, a interpretação da quantidade de água absorvida é feita na base de medições realizadas depois de 5, 10 e 15 minutos.

A diferença de absorção entre as medições feitas depois de 15 e 5 minutos (Δ_{15-5}) permite obter um grau de absorção quase independente do estado inicial de humidade do suporte.

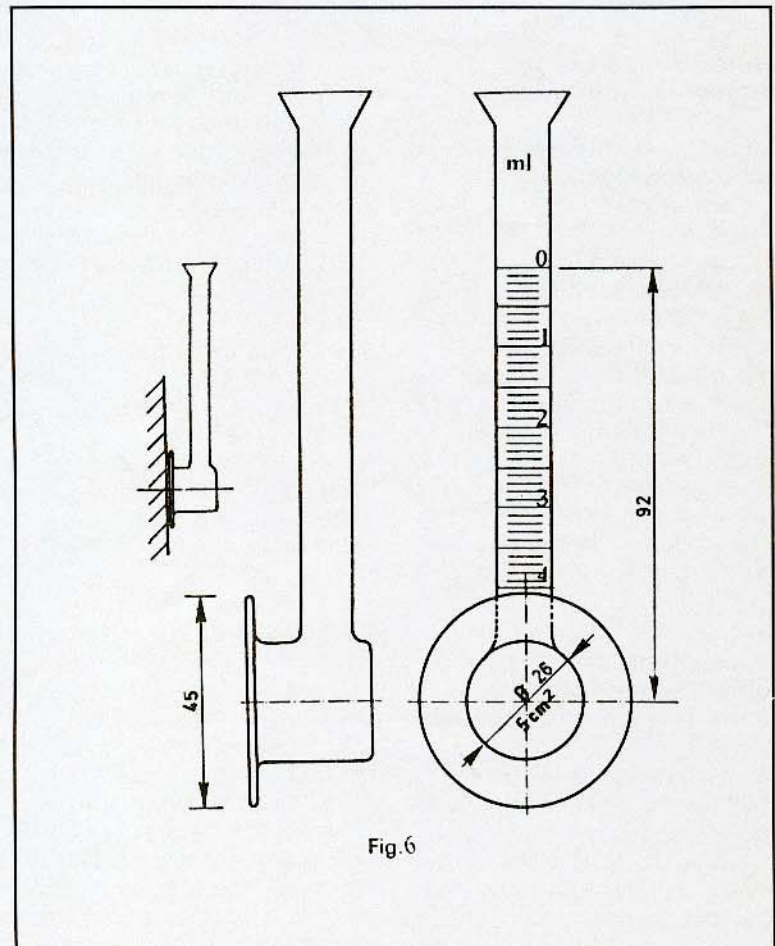


Fig.6