

# Conservação do Betão Armado Enquanto Património Arquitectónico



"Tudo isto faz que o betão, e em especial do betão armado, seja um material muito vulnerável e pouco estável; a sua duração não será provavelmente muito longa."  
Sousa Coutinho



V. Cóias e Silva \*

## 1. INTRODUÇÃO

Considera-se património arquitectónico moderno o que surge desde a revolução industrial até ao presente. Dentre as construções já aceites na lista do Património Mundial, da UNESCO, salientam-se três temas transversais, objecto de outras tantas organizações internacionais especializadas: um grupo do ICOMOS ([www.international.icomos.org](http://www.international.icomos.org)) para os edifícios Arte Nova, o TICCIH (comité internacional para a conservação do património industrial, [www.museu.mnactec.com/TICCI](http://www.museu.mnactec.com/TICCI)) e o DOCOMOMO ([www.ooo.nl/docomomo](http://www.ooo.nl/docomomo)), que se centra no património da arquitectura funcional do Movimento Moderno [Kuipers, 1997]. Esta instituição propôs à UNESCO a classificação de toda a obra dos quatro principais arquitectos do Movimento Moderno (Le Corbusier, Mies van der Rohe, Frank Lloyd Wright e Alvar Aalto) mais um conjunto de 28 edifícios ou espaços da autoria de outros arquitectos, espalhados pelo mundo.

Em Inglaterra, a English Heritage inclui, presentemente, cerca de 1000 edifícios construídos entre-guerras ou no pós-guerra, muitos dos quais incorporam as ideias do Movimento Moderno [Major, 1999].

A American Society of Civil Engineers desenvolve, desde 1979, o programa International Historic Civil Engineering Landmark (IHCEL), existindo, presentemente, 28 IHCEL's em 22 países. Uma boa parte desse património moderno é construído em ou baseia-se no betão armado (Fig. 1).



Fig. 1 - Brasília, a capital criada ex nihilo no centro do Brasil em 1956 e património mundial da UNESCO desde 1987, é um marco na história do urbanismo e a apoteose do betão armado ([www.unesco.org](http://www.unesco.org)).

O betão é um material constituído pela mistura, devidamente proporcionada, de pedras e areia, com um ligante hidráulico, água e, eventualmente, adjuvantes. A propriedade que os produtos da reacção do ligante com a água têm de endurecer confere à mistura uma coesão e resistência que lhe permite servir como material de construção.

O uso dos ligantes hidráulicos foi iniciado pelos romanos no século III com, a descoberta das propriedades de certos materiais naturais, como o

*pulvis puteolanus*, dos estratos vulcânicos da região de Puteoli, em Itália, [De Camp, 1993] ou artificiais, como o pó de tijolo. O uso desses materiais, hoje designados por *pozolanas*, quase desapareceu na Idade Média. No entanto, o uso dos ligantes hidráulicos nunca se perdeu completamente. No século XVI, dois artífices toscanos descobriram que a cal proveniente da cozedura de certos calcários (margosos) era capaz de fazer presa, mesmo debaixo de água.

Por alturas do grande terramoto de

Lisboa, o inglês John Smeaton faz experiências com um ligante com propriedades hidráulicas, uma mistura de cal com uma *pozolana*, o "trass" importado da Holanda, que emprega, com sucesso, na

construção do farol de Eddystone [Watson, 1989]. Mas foi só depois da invenção do *cimento portland*, pelo francês Louis Vicat, que o betão começou a ter, nos tempos modernos, um emprego mais amplo. Em 1817, Vicat escreve a sua primeira memória sobre os resultados das suas experiências sobre as propriedades hidráulicas das cals, demonstrando que a cozedura conjunta de calcário e argila conduz à obtenção de cimento. A patente do equivalente ao actual cimento Portland

vem a ser registada em 1824, por um inglês. Foi o mesmo Vicat que explicou as causas do endurecimento dos cimentos e das misturas de cal e pozolana na água. As suas descobertas foram por ele próprio aplicadas na construção da ponte de Souillac, e, em 1830, a nova tecnologia foi aplicada na construção de um edifício.

A invenção do betão armado é geralmente atribuída a Lambot, que com ele construiu, em 1848, um pequeno barco, exibido na Exposição Universal de Paris em 1855 [Lemoine, 1991 e Viseu, 1993]).

A primeira aplicação do betão armado na construção data de 1852 e ficou a dever-se a outro francês, embora o emprego de armaduras já fosse conhecido em construções de alvenaria. A ideia de Coignet consistiu em fazer uma laje, colocando as armaduras nas zonas traccionadas. Uns anos mais tarde, um inglês, Wilkinson, concretizava uma ideia parecida, construindo vigas de betão com armaduras constituídas por cabos e barras de ferro.

Mas a grande expansão do betão armado ficou a dever-se a François Hennebique (Figs. 2 e 3), outro francês,

que, a partir de 1890, concretizou várias realizações em betão armado, entre as quais as primeiras obras com este material em Portugal [Ferreira, 1972]. Entre 1894 e 1906, a actividade da Maison Hennebique expandiu-se para mais de 30 países. Logo em 1896 foi concedido a Hennebique o registo da patente em Portugal.

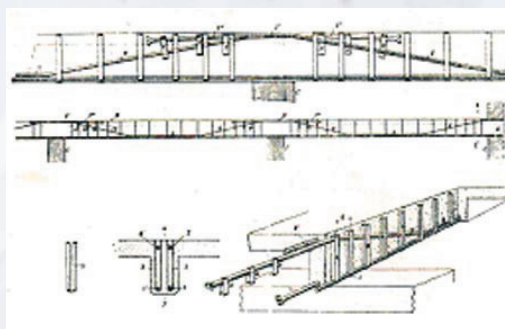


Fig. 3 - Desenho da patente n.º. 30143, registada no Reino Unido por Hennebique, em 1897 [Hamilton, 1956]

A moagem de António José Gomes, no Caramujo, Cova da Piedade, concluída em 1898, é considerada a primeira construção portuguesa em que se aplicou a nova tecnologia. De então para cá, a tecnologia do betão, simples ou armado, não cessou de se aperfeiçoar. Em 1918, Freyssinet iniciava o uso da vibração e, em 1928, o mesmo engenheiro dava corpo à primeira realização prática do betão pré-esforçado. Começaram também a surgir, a ser estudados e interpretados os primeiros problemas do novo material: corrosão do betão em ambientes agressivos, reacções com o inerte, acção do gelo-degelo [Coutinho, 1973]. Em Portugal, só em 1866 é instalada, no vale de Alcântara, a primeira fábrica de cimento. No entanto, a utilização do betão só teve grande

expansão após o início da produção, em 1894, da fábrica de cimento Tejo, mandada construir em Alhandra por António de Araújo Rato [Oliveira, G.B., 1995]. O primeiro regulamento português do betão armado foi publicado em 1918, nele se impondo que o betão fosse feito com 800 l de brita, 400 l de areia e 350 kg de cimento.

Das obras realizadas nesse período inicial da história do betão armado em Portugal, destacam-se: a ponte sobre a ribeira de Vale de Meões, em Mirandela, hoje destruída; a barragem de Xarrama, em Évora; uma "cocheira" para recolha de carruagens da "Wagons-Lits", em Campolide; um depósito elevado para água, na estação de caminhos-de-ferro do Entroncamento; a estrutura da fábrica "Germânia", em Lisboa; a ponte de Sejães - "Ponte Luís Bandeira" - em Oliveira de Frades [Ferreira, 1991].

Seguiram-se obras mais grandiosas, como o Instituto Superior Técnico, inaugurado em 1936, ou a igreja de N.ª. Sr.ª. de Fátima, concluída em 1938, nas Avenidas Novas, ambos em Lisboa, em que o betão é aceite pelo arquitecto como material de pleno direito, evidenciando as suas potencialidades ao lado dos materiais tradicionais.

As obras de betão hoje existentes em Portugal são concebidas por arquitectos e engenheiros civis (edifícios), ou só por engenheiros civis (pontes, barragens e outras grandes infraestruturas públicas ou privadas) [Ferreira, 1972] e realizadas por construtores de qualificação variável.



Fig. 2 - F. Hennebique [Hamilton, 1956]



## 2. AS PRINCIPAIS "DOENÇAS" DO BETÃO ARMADO

O principal problema associado à deterioração do betão armado é a corrosão das armaduras, provocada, sobretudo, por duas "doenças", agravadas pela deficiente qualidade de construção que as estruturas frequentemente apresentam.

A primeira das doenças, a carbonatação, traduz-se na progressiva redução da alcalinidade do betão, em resultado de uma lenta reacção com

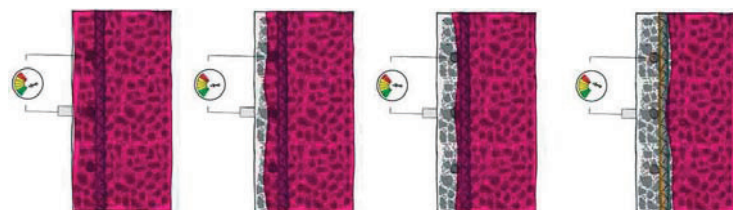


Fig. 4 - Corte perpendicular à superfície de um elemento de betão armado, por exemplo, na fachada de um edifício: à medida que a carbonatação do betão avança, as armaduras ficam desprotegidas e a corrosão (um fenómeno electroquímico) inicia-se.

o dióxido de carbono presente na atmosfera. Quando o betão envolvente das armaduras perde a sua alcalinidade, a camada de óxido que as protegia começa a ser destruída, permitindo o "efeito de pilha", isto é, o aparecimento de correntes eléctricas que se traduzem na corrosão do aço.

A segunda das doenças, relacionada com a acção dos cloretos, tem a ver com o aumento de susceptibilidade do aço à corrosão (mesmo para valores de pH relativamente elevados), quando em presença de cloretos, resultante da utilização de materiais de construção contaminados ou da sua migração a partir do exterior, no caso de estruturas construídas em ambiente marinho ou poluído.



Fig. 5 - Degradação avançada da fachada de um edifício em betão à vista, em resultado da corrosão das armaduras. Note-se a grande extensão da superfície de betão exposto, a pequena espessura dos elementos e a profusão de arestas, facilitando o avanço da carbonatação do betão.

Num caso e noutro, iniciada a corrosão, os óxidos e hidróxidos de ferro que se formam, ao aumentarem de volume, provocam a expulsão ou delaminação da camada de recobrimento das armaduras.

Os custos envolvidos pela paragem do processo de deterioração numa fase inicial são relativamente baixos. Contudo, se se deixar passar o tempo antes de se fazerem as reparações, o custo aumentará rapidamente.

zarem as reparações, o custo aumentará rapidamente.

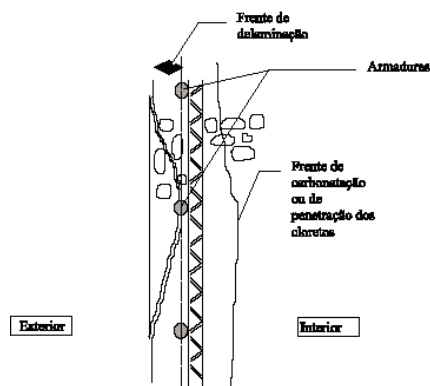
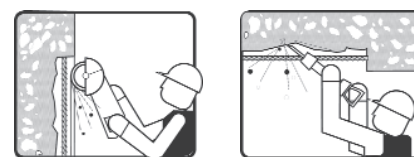


Fig. 6 - Corte, perpendicular à superfície, dum elemento de betão armado com as armaduras atacadas pela corrosão: verifica-se a existência duma frente de carbonatação, ou de penetração dos cloretos, que precede uma frente de delaminação, onde o betão de recobrimento se está a destacar.

## 3. MÉTODO DE REPARAÇÃO TRADICIONAL

A solução habitual para o problema da corrosão consiste em remover o betão afectado até às armaduras, limpá-las e refazer as secções com material de reparação. Esta solução corresponde a uma autêntica "intervenção cirúrgica", que se descreve, em seguida, sumariamente.

### 3.1 REMOÇÃO DO BETÃO DETERIORADO



Para que a intervenção tenha alguma qualidade e durabilidade, torna-se necessário remover não só a camada de recobrimento, com o betão visivelmente deteriorado, mas também o betão situado por detrás dos varões, por forma a que o material de reparação os possa envolver completamente.

Há que evitar enfraquecer o elemento a reparar, podendo ser necessário montar um escoramento, para suporte temporário da estrutura.

A execução de cortes com disco à volta do perímetro das zonas onde se remove o betão para ulterior reparação é essencial para o sucesso da intervenção, devendo o contorno da zona a reparar apresentar um ressalto ou degrau da ordem de 25mm.

Devem evitar-se mudanças abruptas de largura ou profundidade das zonas a reparar, que podem originar fissuras no material aplicado. Manter o perímetro da reparação em quadrado ou rectângulo, com contornos simples, reduz este risco e melhora, também, o aspecto da reparação.

Deve ser criada uma folga de cerca de 2 cm à volta de cada varão ("1 dedo de folga"). O varão pode então ser limpo e o material de reparação, ao envolver o varão, ficará solidamente ligado ao elemento reparado.

### 3.2 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES APÓS REMOÇÃO DO BETÃO DETERIORADO

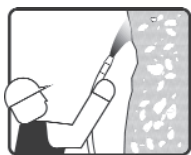
A remoção do betão deve ser seguida de uma preparação das superfícies a reparar. De uma maneira geral, essa preparação visa criar condições favoráveis a uma boa ligação

entre o material antigo e o novo. Os objectivos a atingir por uma boa preparação são:

- Uma superfície rugosa que permita um travamento mecânico
- Abertura dos poros do substrato
- Superfícies limpas e sãs (betão e armaduras).

As superfícies que tenham sido contaminadas pelos detritos da remoção do betão deteriorado devem ser limpas. Essa limpeza deve ser feita imediatamente antes da colocação dos materiais de reparação, podendo ser utilizados dois métodos:

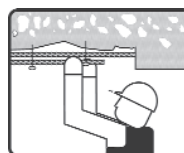
- a seco: jacto de areia ou sopragem com ar seco, sem óleo
- húmida: lavagem a baixa ou média pressão, com ou sem detergente.



### 3.3 LIMPEZA E TRATAMENTO DAS ARMADURAS

A limpeza dos varões com corrosão pode fazer-se por martelo de agulhas leveiro, jacto de água a elevada pressão, jacto de areia ou jacto de grenalha. Estas armaduras poderão ou não ser protegidas com produto inibidor da corrosão compatível com o material de reparação a aplicar. Podem utilizar-se pinturas baseadas em epóxi, zinco, cimento ou outros materiais. É importante não as deixar contaminar o betão, pois reduzem a aderência do material de reparação.

Quando a argamassa de reparação for baseada em ligante hidráulico, o produto anti-corrosão pode ser dispensado se a espessura do recobrimento for suficiente.



Depois da limpeza das armaduras, há que verificar a sua secção. Normalmente, se a área de um varão tiver sofrido uma redução de mais de 25% (ou mais de 20%, no caso de estarem afectados dois ou mais varões adjacentes), deverão ser colocadas armaduras adicionais.

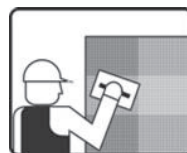
### 3.4 SELECÇÃO E APLICAÇÃO DO MATERIAL DE REPARAÇÃO

A reparação convencional do betão armado pressupõe o recurso a materiais de reparação, cujas propriedades deverão ser cuidadosamente seleccionadas.

Como características fundamentais a exigir a um material de reparação cimentício, incluem-se as seguintes:

- *Resistência mecânica* igual ou ligeiramente superior à das peças em que for aplicado
- *Ausência de contracção*, isto é, contracção de secagem nula no estado endurecido. Garante-se, desta forma, a eliminação de fissuras após a presa do material e durante a fase inicial de endurecimento
- *Resistência de aderência* entre os dois materiais superior à resistência à tracção directa do material de base
- *Ausência de exsudação*
- *Facilidade de aplicação*.

A reconstituição da secção pode ser feita recorrendo às seguintes técnicas:



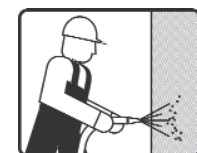
- Através da colocação manual de uma argamassa de reparação

- Através da colocação de uma argamassa de reparação por projecção a baixa energia



- Por injeção de uma argamassa, com ou sem prévia colocação de agregados.

- Com betão projectado

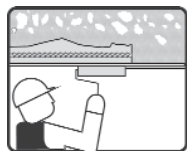


Antes de se aplicar o material de reparação, deve proceder-se à saturação da superfície para impedir que venha a absorver a água de amassadura, o que inibiria a ligação entre os 2 materiais.

### 3.5 APLICAÇÃO DE UM REVESTIMENTO DE PROTECÇÃO

A superfície reparada deve ser protegida, de forma a reduzir a possibilidade de o agente agressor continuar

a actuar. O revestimento de protecção consiste, geralmente, numa tinta aplicada a pincel ou à brocha.



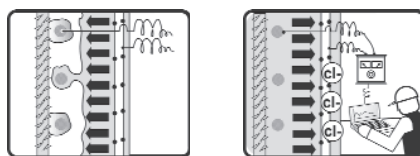
A tinta utilizada deve ter as seguintes características:

- Excepcional aderência ao substrato
- Capacidade de resistência ao dióxido de carbono e aos cloretos
- Elasticidade suficiente para acompanhar os movimentos do suporte
- Impermeabilidade à água mas não ao vapor de água
- Inibir a presença de fungos e ser não poluente, inodora e atóxica.

### 4. TRATAMENTO ELECTROQUÍMICO

De acordo com a metodologia de reparação tradicional, é, como se viu, necessário remover todo o betão afectado, pondo a descoberto todas as armaduras já atacadas. A remoção deve abranger o betão situado por detrás dos varões, por forma a que o material de reparação os possa envolver completamente. Ora, verifica-se, normalmente, que apenas a

camada de betão de recobrimento está desagregada e precisa, portanto, de ser substituída por material de reparação. O material existente ao nível e por trás das armaduras está em boas condições, do ponto de vista das suas propriedades mecânicas.



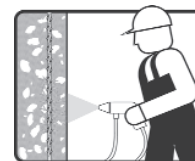
Deste modo, de acordo com a prática convencional, grande parte do betão está em excelentes condições de resistência mecânica, sendo removido por causa da alteração verificada nas suas características electroquímicas. É aqui que os métodos electroquímicos de realcalinização e dessalinização do betão podem ser chamados a desempenhar um papel importante. De facto, dado que estes métodos actuam sobre as propriedades electroquímicas do betão, permitem simplificar significativamente as intervenções de reparação, reduzindo substancialmente a necessidade de remoção do material existente e sua substituição por um material de reparação.

Esta tecnologia permite tratar a deterioração, resultante quer da carbonatação, quer da acção dos cloretos, minimizando a cirurgia. No primeiro dos tratamentos, volta a elevar-se o valor do pH no betão que recobre e envolve as armaduras. No segundo tipo de tratamento, provoca-se a migração dos cloretos por forma a extraí-los da peça contaminada.

### 5. INIBIDORES DE CORROSÃO

Os inibidores de corrosão são produtos que evitam ou retardam a corrosão das armaduras, mesmo em presença de um ambiente agressivo. São,

em geral, compostos orgânicos, capazes de formar uma camada protectora à superfície das armaduras. Dado que existem, ainda, al-



gumas dúvidas quanto à eficácia e durabilidade deste tipo de tratamento, o seu uso deve ser cuidadosamente ponderado.

### 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cerca de um século de tecnologia do betão armado deu corpo, por todo o mundo, a um importante património construído neste material. Se, em relação à maior parte dessas construções, o prolongamento da vida útil se impõe por razões económicas, é óbvio que uma parte importante desse património adquiriu valor cultural e vem juntar-se à herança arquitectónica da sociedade, justificando-se a sua salvaguarda e transmissão em boas condições aos vindouros.

Dada a natureza instável do betão armado, a conservação desse património não será fácil e, tendo em conta os critérios a que essa conservação deve obedecer, o problema não se pode considerar resolvido. A moderna tecnologia de reabilitação põe, no entanto, e desde já, à disposição dos responsáveis várias técnicas e materiais.



As intervenções de reabilitação revestem-se, assim, de uma complexidade bastante maior do que a construção de raiz, quer ao nível da selecção das técnicas e dos materiais, muito diferentes do tradicional, quer ao nível da execução, que requer grande rigor e minúcia.

Tal é válido, desde logo, para a reabilitação das construções correntes, sendo-o, *a fortiori*, para aquelas que constituem património arquitectónico. A complexidade destas intervenções exige de todos os agentes, em particular das empresas, uma elevada capacidade técnica. Ao nível da execução, a melhor forma de contribuir para os bons resultados deste tipo de intervenções é a implementação nas empresas de sistemas de garantia de qualidade baseados nas normas ISO 9000.]

### Bibliografia sobre o tema deste artigo

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Cóias e Silva, V.                | <i>Prolongando a Vida Útil das Estruturas de Betão Armado: Cirurgia ou Tratamento.</i> Porto, 1 <sup>as</sup> Jornadas de Estruturas de Betão, Outubro de 1996   |
| Cóias e Silva, V.                | <i>A Qualidade nas Intervenções de Reabilitação de Estruturas de Betão.</i> Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa, LNEC, Novembro de 1998   |
| Coutinho, Sousa                  | <i>O Fabrico e as Propriedades do Betão.</i> Lisboa, LNEC, Setembro de 1973  |
| De Camp, L.S.                    | <i>The Ancient Engineers.</i> New York, Barnes & Noble, 1993   |
| Ferreira, Carlos Antero          | <i>Betão Aparente em Portugal.</i> Lisboa, ATIC, 1972  |
| Ferreira, Carlos Antero          | <i>As Origens do Betão Armado em Portugal e o Registo de Patente de François Hennebique,</i> Lisboa, 1991  |
| Giuriani, E, e Gubana, A.        | <i>Recupero e Consolidamento di Volte in Muratura - Storia delle Tecniche Murarie e Tutela del Costruito.</i> Università di Brescia - Guerini Studio, 1996.  |
| Hamilton, S.B.                   | <i>A Note on the History of Reinforced Concrete in Buildings. The Durability of Reinforced Concrete in Buildings.</i> National Building Studies (BRE), Londres, 1956   |
| IPQ                              | <i>NP EN ISO 9002 - Sistemas da qualidade - Modelo de garantia da qualidade na produção. Instalação e assistência após venda</i>   |
| Kuipers, Marieke                 | <i>Et le Moderne? Le Courier de L'UNESCO,</i> Sept. 1997   |
| Lemoine, Bertrand e Mesqui, Jean | <i>Un Musée Retrouvé - Le Musée des Travaux Publics.</i> Paris, M.E.L.T.M., 1991   |
| Major, B.M.                      | <i>Development of an Integrated Conservation and Maintenance Management Regime for Historic Modern Movement Buildings. Durability of Building Materials &amp; Components 8,</i> Vancouver, NRC-CNRC - 1999                                   |
| Marie-Victoire, E. e Texier, A.  | <i>Comparative study of cleaning techniques applied to ancient concrete. Durability of Building Materials &amp; Components 8,</i> Vancouver, NRC-CNRC - 1999   |
| Oliveira, Gil Brás de            | <i>A indústria portuguesa do cimento.</i> Lisboa, Cimpor, 1995   |
| Oliveira, Eduardo Freire de      | <i>Elementos para a história do município de Lisboa.</i> Lisboa, Typographia Universal, 1889   |
| Ortigão, Ramalho                 | <i>O culto da arte em Portugal.</i> Lisboa, A.M. Pereira, 1896   |
| Rogers, J.R. (Edit.)             | <i>Engineering History and Heritage.</i> Boston, ASCE, 1998  |
| Torraca, Giorgio                 | <i>The scientist's role in historic preservation with particular reference to stone conservation. In "Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage".</i> Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1995 |
| Viseu, Joaquim, C.S.             | <i>História do Betão Armado em Portugal.</i> Lisboa, ATIC, 1993  |
| Watson, Garth                    | <i>The Smeatonians - The society of civil engineers.</i> Thomas London, Telford, 1989  |