

## Importância da inspecção periódica na degradação do betão e na corrosão de armaduras

A inspecção de edifícios, prática corrente noutros países, é a única forma de reduzir custos de conservação ou reparação, de prolongar a vida dos edifícios e de assegurar a manutenção das condições de segurança, de salubridade e de estética dos mesmos.

O presente artigo descreve sucintamente o processo de degradação do betão, essencialmente da camada de recobrimento, bem como do processo de corrosão das armaduras do betão armado. São referidos alguns ensaios não destrutivos que podem evitar ou minimizar a deterioração das estruturas de betão armado. Sendo a realização de inspecções periódicas a solução para detectar as patologias estruturais em tempo útil, apresentam-se algumas vantagens da sua realização, quer em termos funcionais, quer em termos económicos. Promove-se a utilização da Engenharia Preventiva em vez da realização de obras de reparação/recuperação, em geral bastante onerosas. Durabilidade é a aptidão de uma estrutura para desempenhar as funções para as quais foi projectada, durante o período previsto, sem necessitar de manutenção nem reparação imprevistas.

Os objectivos do projecto e da execução de uma estrutura devem ser a segurança, a qualidade das condições de serviço e a durabilidade.

Na fase de projecto, a qualidade depende essencialmente da utilização de um modelo de cálculo adequado e da pormenorização estrutural. Na fase de produção depende da qualidade dos materiais, mas fundamentalmente da composição, colocação, compactação e cura do betão, e da colocação e recobrimento das armaduras.

A deterioração de uma estrutura de betão armado pode ter duas origens essenciais: erros humanos ou acções naturais.

Os erros humanos podem surgir quer na fase de concepção, quer na fase de construção. São exemplo disso a inadequação à agressividade do meio ambiente, pormenorização deficiente, má interpretação do projecto ou má execução da obra.

### Deterioração do Betão

Qualquer betão é heterogéneo, contém micro-fissuras, poros, discontinuidades e concentrações de tensões. O grau de deterioração e a velocidade com que esta ocorre variam com a qualidade (classe de resistência) do betão.

Sendo a fendilhação uma característica do betão endurecido (basta o

Figura 1.  
Fendas  
longitudinais.

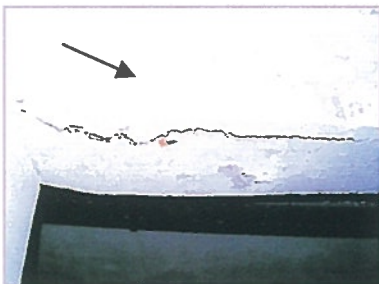


Figura 2.  
Destacamento  
da camada de  
betão.

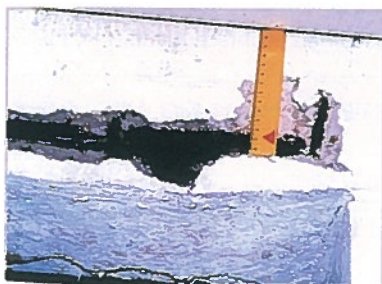
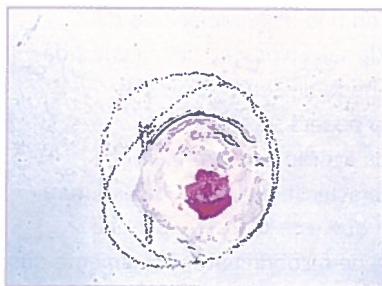


Figura 3.  
Betão não  
carbonatado.



processo de evaporação da água), esta pode ser significativa ou não ter a mínima importância.

A fendilhação pode ocorrer antes ou depois da presa do betão.

Antes da presa, pode ser originada por contracção plástica ou por evaporação da água de constituição demasiado rápida. Isto pode ocorrer num período compreendido entre 10 minutos e cerca de 16 a 18 horas após a betonagem. A fendilhação provocada por retracção plástica é, em geral, superficial, mas pode atravessar, nalguns casos, toda a espessura de uma laje. A fendilhação por assentamento plástico dá-se quando o movimento de assentamento do betão é impedido pelas armaduras ou pelos moldes.

Depois da presa do betão, a fendilhação pode ser provocada por retracção, por oxidação de armaduras, por reacção alcali-inerte, por efeitos térmicos ou por acções aplicadas.

Relativamente à durabilidade, a fendilhação paralela aos varões de aço é mais grave do que a ortogonal. Na primeira situação a oxidação das armaduras e a perda de aderência são substancialmente agravadas.

A durabilidade do betão depende do maior ou menor ataque químico de agentes agressivos, geralmente transportados pelo meio ambiente. Para que se dê o transporte dessas substâncias é, geralmente, necessária a presença de água na forma líquida ou gasosa. Este transporte é lento, pelo que só se verifica passados alguns anos. Acentue-se que a permeabilidade do betão é um factor condicionante para o desenvolvimento dessas reacções.

O crescimento de raízes de plantas, algas ou líquenes em fendas ou zonas porosas do betão pode originar acções expansivas que deterioram o betão. Esse crescimento pode ainda originar um ataque químico devido aos ácidos gerados nesse processo.

No entanto, em relação aos ataques biológicos, deveremos referir que o devido à acção dos esgotos é o mais importante, devido à presença do enxofre que é transformado em ácido (sulfídrico, sulfúrico) ou sulfatos, pela presença de microrganismos.

Uma vez atacado, surge no betão uma superfície esbranquiçada que dará origem, mais tarde, ao amolecimento da pasta de cimento. A deterioração propaga-se, então, com a queda dos inertes e a exposição das armaduras. Segundo Sousa Coutinho, as velocidades de ataque variam entre 5 mm e 10 mm por ano.

### Corrosão das Armaduras

No aço vulgar encontram-se grãos de ferro quase puros (ferrite) e grãos de uma combinação de ferro com carbono (cementite). A cementite funciona como cátodo em relação à ferrite, pelo que a corrosão do aço se pode dar desde que haja um electrólito que ponha em contacto os dois componentes. Por outro lado, o trabalho mecânico sofrido pelo aço contribui para a heterogeneidade da superfície. Nas regiões traccionadas, os electrões tendem a sair dando origem a zonas anódicas e nas regiões comprimidas tendem a formar-se zonas catódicas. O contacto eléctrico destas zonas, através de um electrólito, é também uma causa para a corrosão.

A elevada alcalinidade (o pH da água dos poros do betão é da ordem de 12,5) permite que as armaduras no seu interior estejam passivamente protegidas da corrosão.

Na presença de valores elevados de pH forma-se uma camada óxida microscópica na superfície dos varões (película passiva) que impede a dissolução do ferro, impedindo assim a corrosão.

Os factores que mais influenciam a corrosão das armaduras são a carbonatação, a penetração de cloretos e a lixiviação dos alcalis pela água corrente (redução do pH do betão). Se o pH baixar de 10 ou se o teor em

Figura 4.  
Betão  
carbonatado.

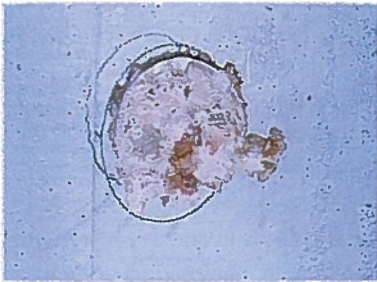


Figura 5.  
Medidor de  
resistividade  
do betão.



cloretos exceder um valor crítico, a película passiva e a respectiva protecção anti-corrosiva serão eliminadas.

A carbonatação do betão é a acção dissolvente do anidrido carbónico do ar no cimento hidratado, provocando a redução do pH. O grau de penetração da carbonatação no interior do betão depende da permeabilidade, da quantidade de substâncias carbonatáveis e da humidade relativa do ar. O grau de difusão de iões de cloro no betão depende essencialmente da densidade deste, do conteúdo de cloretos no meio exterior e do tipo de difusão.

Os iões de cloro livres existentes na água dos poros, mesmo em betões não carbonatados, são capazes de romper a película passiva na superfície do aço. Note-se que, em ambientes secos a corrosão não acontece, dado que, para haver corrosão do aço, é indispensável a existência de humidade e oxigénio. Só o oxigénio é consumido mas a humidade é necessária para dar seguimento ao processo electrolítico.

Os efeitos de molhagem e secagem da água contendo cloretos, sobre a superfície do betão, possibilitam a deposição de uma quantidade cada vez maior de cloretos na camada superficial.

A corrosão do aço provoca o aumento de volume (o óxido de ferro pode chegar a ter 10 vezes o volume do ferro), gerando tensões no betão. Aparecem fendas longitudinais e dá-se o destacamento da camada de betão que recobre as armaduras (Fig. 1 e Fig. 2).

A espessura da camada de recobrimento é o factor mais importante no processo de corrosão: quanto maior for a sua espessura, mais difícil será a difusão do oxigénio.

#### Inspeção/Prevenção

A corrosão do aço e conseqüente degradação do betão provoca, quer a redução da segurança estrutural e das condições de serviço, quer custos de reparação muito superiores aos de uma inspeção/manutenção periódica. O processo de ataque do betão inicia-se de fora para dentro. Como já referido, é a camada de recobrimento que assegura a protecção do aço (além de assegurar a aderência aço-betão). É portanto uma camada a preservar ao longo da vida útil de uma estrutura.

Dado que a qualidade do betão endurecido não depende apenas da qualidade do betão fresco mas também da sua colocação nos moldes, da compactação e da cura, a previsão do período de conservação das propriedades da camada de recobrimento poderá ser falível.

A utilização de ensaios não destrutivos, de acordo com um plano de inspeção a elaborar de acordo com as características iniciais da estrutura, bem como com as do meio ambiente em que esta se insere, permite determinar o estado do betão da camada de recobrimento. Obviamente que a frequência dos ensaios prevista num plano de inspeção aumenta com a idade da estrutura.

Uma das principais patologias a detectar, e que não é perceptível apenas por inspeção visual, é a carbonatação do betão. Para tal utiliza-se uma solução de fenolftaleína, a qual é projectada sobre a superfície do betão, que deve estar convenientemente limpa. Caso seja detectada carbonatação na camada superficial, o ensaio prossegue em profundidade para determinar a espessura afectada (Fig. 3 e Fig.4).

O teor em cloretos pode também ser determinado através de ensaios não destrutivos.

Actualmente existe instrumentação tecnologicamente avançada que permite detectar a corrosão das armaduras sem destruição local do betão, tal como aparelhos de ultra-sons ou de medição de resistividade. (Fig. 5).

Figura 6.  
Detector  
electrosónico  
de humidade.



Figura 7.  
Câmara  
termográfica.



No entanto, o que se pretende é evitar a possibilidade de ocorrência de corrosão e não detectá-la. Isso significaria que se tinha agido tardiamente. No caso de se detectar a degradação do revestimento em tempo útil, ou seja, antes do início do processo de corrosão, a reposição das condições de protecção iniciais, que essa camada de betão oferecia às armaduras, passa pela substituição de alguma espessura da mesma por uma nova camada do mesmo material (não retráctil) ou de material de reparação.

Caso a patologia verificada seja já a corrosão de armaduras, terá que se proceder à remoção de uma camada de betão que permita o acesso às mesmas, efectuar a limpeza do aço por meios mecânicos ou químicos (e, se necessário, colocar novos varões) e, finalmente, proceder à reposição da geometria inicial do betão. Poderá ser necessária, consoante o elemento em causa, a utilização de escoramentos, o que irá incrementar ainda mais o custo da reparação.

Por outro lado, quando existem infiltrações nos edifícios, a presença da água provoca a aceleração da degradação do betão. Através de ensaios não destrutivos, é possível determinar qual o nível de degradação e o grau de urgência de intervenção. Isto poderá reduzir drasticamente o custo provocado por uma reparação executada tardiamente (obviamente que a situação ideal seria ter detectado a infiltração e a sua origem a tempo de poder evitar danos nos materiais estruturais, através da sua eliminação).

Em resumo, caso seja efectuada uma inspecção visual periódica por técnico habilitado, grande parte das patologias dos edifícios poderá ser detectada. No entanto, esse tipo de inspecção deverá ser complementado por alguns ensaios não destrutivos (variando consoante a idade e condição do edifício), tais como, por exemplo, ensaios de carbonatação, de detecção electrosónica de humidade ou termográficos, (Fig. 6 e Fig. 7).

### Conclusões

Uma das causas principais da degradação estrutural e redução da vida útil das estruturas é a deterioração do betão, que começa pela camada de revestimento, e a conseqüente corrosão das armaduras. Trata-se de um processo que pode ter várias causas mas apenas uma conseqüência económica: redução do valor patrimonial e/ou incremento exagerado dos custos de manutenção/reparação.

A inspecção de edifícios, prática corrente noutros países, como por exemplo nos Estados Unidos da América, é a única forma de reduzir custos de conservação/reparação, de prolongar a vida dos edifícios e de assegurar a manutenção das condições de segurança, de salubridade e de estética dos mesmos.

A degradação significativa do betão e a oxidação das armaduras podem ser evitadas, caso as patologias que as provocam sejam detectadas em tempo útil. Para tal torna-se imprescindível a realização de inspecções periódicas, a realizar de acordo com um plano estabelecido de acordo com as características próprias de cada imóvel.

Cada vez mais se torna fundamental preservar o património imobiliário, o que só é possível através da engenharia preventiva. A construção sustentável só será eficaz caso exista a preocupação de conhecer o estado de conservação dos edifícios, o que só é viável através de inspecção.

**Luís Viegas Mendonça**

**Engenheiro Civil Sénior**

**Director da SpyBuilding – Inspeção de edifícios, Lda.**

**Professor na Universidade Lusíada**

**lvm@SpyBuilding.com**