



CONTRIBUIÇÃO DO LNEC

INTRODUÇÃO

A durabilidade dos materiais pode ser entendida como a sua capacidade de manter um desempenho mínimo durante um tempo determinado, sob a acção de factores degradativos. A durabilidade aparece assim associada a um certo tempo, normalmente designado por vida útil.

Como se depreende, a durabilidade de um material não é uma característica em si mesma mas dependente dos factores ambientais a que este se encontra sujeito: alguns materiais poderão ser duráveis em certos ambientes e degradarem-se rapidamente noutros - daí o estabelecimento de classes de agressividade ambiental. Por vezes, mesmo escolhendo correctamente os materiais, torna-se necessário aplicar sistemas de protecção que, no limite, os poderão isolar do contacto directo com o ambiente agressivo. Acresce também que o material ou produto só poderá ser durável se for correctamente aplicado em obra e for compatível com aqueles a que se encontra associado.

A necessidade de melhorar a eco-eficiência da indústria da construção está a originar o aparecimento de novos materiais, incorporando por exemplo resíduos da indústria, nomeadamente da indústria da construção, sendo porém necessário verificar a sua acção sobre o meio ambiente e o seu comportamento a longo prazo. Por outro lado, as nanociências estão a permitir a produção de materiais cada vez mais adaptados às necessidades de utilização e certamente mais duráveis.

Dentro das diversas áreas de actividade do LNEC, a durabilidade dos materiais tem constituído um dos temas de maior relevo, abrangendo materiais de utilização corrente, mas também materiais ligados ao património antigo edificado, materiais reciclados e materiais inovadores. Para tal o LNEC dispõe de um corpo de investigadores e de laboratórios devidamente equipados, com um número significativo de ensaios acreditados pelo IPAC. Participa ainda em diversos comités técnicos do CEN e da RILEM e tem protocolos de cooperação com diversas instituições de investigação nacionais e internacionais.

Os trabalhos de investigação desenvolvidos têm habilitado o LNEC a efectuar intervenções em obras, tanto nas fases de projecto e construção de novas estruturas, como na identificação de anomalias em obras existentes e no estabelecimento das correspondentes medidas correctivas. Em paralelo, o LNEC tem realizado cursos e produzido documentos técnicos que visam apoiar os diversos agentes da construção na garantia da durabilidade dos materiais ou sistemas. Refiram-se em particular as designadas especificações LNEC, algumas das quais têm sido incorporadas em documentos regulamentares no nosso país, bem como os documentos de homologação para materiais ou sistemas inovadores.

No caso dos materiais abrangidos pela “Directiva dos Produtos da Construção” o LNEC foi nomeado “Organismo Notificado” para um conjunto de materiais abrangidos pelo sistema atestação da conformidade 1+, que corresponde a uma certificação do produto, tendo em vista a respectiva marcação CE. Na qualidade de membro da EOTA, cabe também ao LNEC a competência para elaborar as Aprovações Técnicas Europeias (ETAs) de produtos não abrangidos por normas harmonizadas, as quais permitirão igualmente aos produtores a marcação CE do produto considerado.

Nas secções seguintes são identificados aspectos relativos à durabilidade de um conjunto de materiais de construção e referidos alguns desenvolvimentos em curso. Através de uma experiência de âmbito internacional e duma capacidade experimental única no País, o LNEC continua a apoiar a indústria dos materiais da construção, os projectistas, os construtores e os donos de obras, contribuindo assim para a melhoria da durabilidade das construções.

BETÕES

Apesar de todos os betões de base cimentícia terem na sua composição os mesmos constituintes básicos, podem ser produzidos betões com diferentes características, de modo a responderem a exigências de desempenho particulares ou a condições de aplicação específicas. Como exemplo podemos citar o betão de elevada resistência, o betão compactado com cilindros, o betão autocompactável e, de aplicação recente entre nós, o betão com agregados pré-colocados. Adicionando fibras de aço ou poliméricas, podem ainda obter-se betões com maior tenacidade ou mesmo maior resistência à tracção.

Os betões caracterizam-se por apresentar, em geral, fraca resistência ao ataque químico externo, como o resultante do contacto com sulfatos, ácidos e águas puras. O ataque químico pode provocar fissuração, devido à formação de produtos expansivos, ou a destruição dos compostos hidratados do cimento, com consequente perda de resistência e de coesão. Usando uma reduzida razão A/C ou um cimento com composição adequada - por exemplo contendo materiais pozolânicos - é possível melhorar significativamente a resistência a este ataque mas, por vezes, só com aplicação de sistemas protectores é possível garantir a desejada durabilidade. O betão sofre também degradação por acção dos ciclos de gelo/degelo, por abrasão e cavitação, por acção de agentes biológicos, como por exemplo bactérias, e quando sujeito à acção do fogo, verificando-se a destruição dos silicatos de cálcio para temperaturas superiores a 800°C.

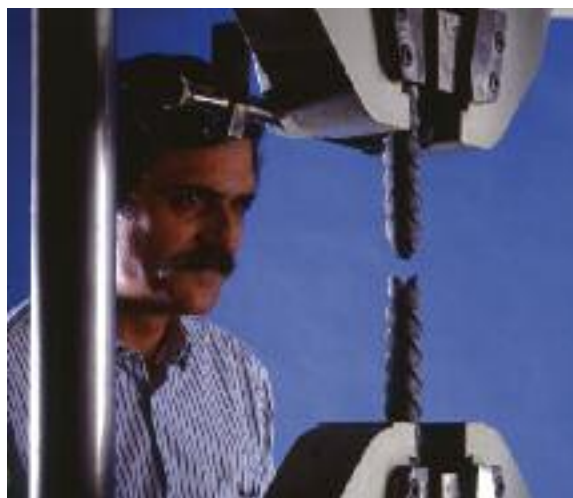
Nos últimos anos tem assumido especial relevância entre nós a reacção álcalis-silica e a formação de etringite retardada. Estamos perante o que se poderá designar por ataque químico interno, resultante num caso da utilização de agregados reactivos e, no outro, do desenvolvimento de temperaturas elevadas (>65°C) no interior do betão durante as primeiras horas, o que poderá ocorrer em elementos de grande secção. Ambas as reacções provocam fissuração e perda acentuada da resistência, sendo fundamental prevenir o seu desenvolvimento, pois são processos de difícil reparação.

No betão armado a corrosão das armaduras é o mecanismo de degradação mais frequente, estando a sua ocorrência frequentemente associada à existência de reduzidos recobrimentos. A corrosão das armaduras, que ocorre devido à carbonatação do betão ou à penetração de cloretos, origina, em geral, a formação de óxidos de volume superior ao do metal, com consequente fissuração e posterior destacamento do betão. Na generalidade dos países, os regulamentos definem as exigências de composição e os recobrimentos a utilizar para garantir uma determinada vida útil. A aplicação de pinturas e a utilização de inibidores de corrosão tem sido também considerada como uma opção para melhorar a resistência a este tipo de degradação, tanto em obras novas como em acções de manutenção ou de reparação.

Assiste-se actualmente de forma crescente à modelação dos fenómenos envolvidos na durabilidade do betão, em particular no respeitante à corrosão das armaduras, o que permite o estabelecimento de exigências de desempenho em vez das citadas exigências de composição. Uma vez que as propriedades do betão são regra geral controladas em laboratório, constata-se que o desempenho medido é superior ao que se verifica na própria estrutura. Esta diferença pode acentuar-se por incorrecto planeamento das betonagens e deficientes colocação, compactação e cura do betão. Este assunto está em estudo no LNEC, visando melhorar os modelos de previsão do tempo de vida útil e permitir, mais tarde, a implementação de sistemas de controlo de execução em obra.

Para além da avaliação das propriedades relevantes para a durabilidade e do aperfeiçoamento dos modelos de previsão do tempo de vida útil, o LNEC vem também desenvolvendo diversos projectos de investigação no desenvolvimento de betões especiais, de que se salientam mais recentemente os betões com agregados pré-colocados e os betões com incorporação de resíduos da indústria, bem como na prevenção e modelação das reacções expansivas internas. Na actividade do LNEC, destaque-se ainda a elaboração de vários documentos técnicos para a garantia da durabilidade das estruturas de betão, com especial relevo para as Especificações LNEC E 461, E464 e E465, tornados regulamentares através da norma NP EN 206-1.





MATERIAIS METÁLICOS

Os materiais metálicos mais utilizados na construção civil são os aços, os ferros fundidos e as ligas de alumínio, cobre e zinco. Para além dos processos físicos de deterioração, de que se destaca principalmente a fadiga, a corrosão constitui a principal forma de degradação destes materiais. O desempenho à corrosão depende, naturalmente, não só do tipo de metal ou liga e da sua microestrutura, mas também das condições de exposição.

Dado que os mecanismos de corrosão e os factores que determinam a velocidade de corrosão no ar, na água e no solo são distintos, é habitual considerar três tipos de exposição: atmosférica, em águas e em solos. Por sua vez, na exposição atmosférica, são habitualmente consideradas várias categorias de corrosividade que dependem, principalmente, da humidade e da presença de agentes agressivos como, por exemplo, os cloretos e o dióxido de enxofre (veja-se a este respeito as normas ISO 9223 e EN ISO 12944).

Alguns metais, como o aço inoxidável, formam espontaneamente na sua superfície uma fina camada de óxidos, muito estável e aderente, que proporciona uma barreira protectora eficaz e confere a este tipo de aços uma excelente resistência à corrosão uniforme em diversos ambientes. Contudo, a grande maioria dos materiais metálicos utilizados na construção, devido à sua fraca resistência à corrosão, necessita de ser protegida, sendo o método de protecção mais usual a aplicação de revestimentos que exercem um efeito barreira entre o metal e o meio ambiente. Os alumínio são protegidos por anodização ou por lacagem; o aço não ligado é habitualmente revestido com revestimentos metálicos - por exemplo os revestimentos à base zinco ou zinco e alumínio - ou com revestimentos orgânicos (tintas e vernizes) ou,

mesmo, com revestimentos mistos, constituídos por revestimentos metálicos e orgânicos. Desde que sejam respeitados os períodos de manutenção, geralmente a durabilidade de um revestimento misto é superior à soma da durabilidade de cada um dos revestimentos, uma vez que se beneficia de um efeito sinérgico entre eles. A norma europeia EN ISO 12944 sistematiza os sistemas de protecção anti-corrosiva por pintura aplicáveis a estruturas de aço, servindo de suporte à selecção dos esquemas de pintura mais adequados a cada aplicação.

Assiste-se actualmente a importantes desenvolvimentos na área dos revestimentos de protecção de materiais metálicos, sobretudo impulsionados pelas crescentes exigências de sustentabilidade ambiental. O LNEC tem em curso um projecto de investigação para desenvolvimento de novos revestimentos nanoestruturados, ambientalmente mais compatíveis, para serem utilizados em alternativa aos revestimentos à base de iões Cr (VI). Para além disso, o LNEC tem participado em vários projectos de investigação que visam o desenvolvimento de novas ligas metálicas de elevada resistência à corrosão, as quais constituem actualmente alternativas ao aço não ligado em diversas aplicações, particularmente em ambientes muito agressivos ou em aplicações em que se pretendam longos tempos de vida útil.

No âmbito das medidas preventivas, o LNEC tem vindo a desenvolver sistemas de monitorização da corrosão, constituídos por vários tipos de sensores electroquímicos, já instalados em diversas obras e que integram planos de observação da durabilidade do betão armado. Estes sistemas permitem acompanhar a progressão de agentes agressivos no betão de recobrimento, detectar a despassivação das armaduras decorrente da acção destes agentes e, também, avaliar a eficácia de metodologias de reparação de estruturas danificadas por corrosão das armaduras.

Actualmente o LNEC lidera o projecto europeu DURATINET - Infra-estruturas de transporte duráveis na Área Atlântica, que tem como principal objectivo criar uma rede na área da durabilidade das infra-estruturas de transportes na Região Atlântica que facilite a troca e a transferência de conhecimentos no âmbito da manutenção, inspecção/avaliação e reparação das estruturas metálicas e de betão. Em paralelo, o projecto pretende também promover a aplicação de novos materiais estruturais ou de reparação. Esta rede tem em preparação um guia de recomendações que brevemente irá estar disponível (www.duratinet.org).



MATERIAIS PÉTREOS E CERÂMICOS

A pedra e os produtos cerâmicos, como outros materiais de construção, têm uma estrutura porosa que coloca problemas específicos no campo da durabilidade, que está directamente relacionada com as suas características originais mas também fortemente dependente da sua utilização e integração em obra.

A durabilidade destes materiais está frequentemente condicionada pela presença e circulação de água na sua estrutura porosa, que degrada as ligações através das quais se integram na obra, promove a actividade biológica e possibilita a dissolução e movimentação de espécies químicas cuja posterior cristalização contribui para o decaimento dos acabamentos através do aparecimento de manchas, do destacamento de colagens e da desagregação dos próprios materiais.

Nos revestimentos azulejares, as anomalias mais frequentemente detectadas resultam de uma inadequada escolha das colas e da técnica de preparação ou aplicação, bem como de deficiências nas condições de cura. Para além disso, a expansão hídrica ou térmica dos materiais cerâmicos, a presença de sais solúveis nos suportes e materiais de ligação ou, ainda, alguns defeitos de fabricação, só manifestados na presença de determinados factores predisponentes (em geral a humidade), constituem as causas de graves anomalias que afectam, tanto os revestimentos modernos, como os azulejos históricos. Em complemento, alterações por agressão química e a presença de fungos ou algas são causas acessórias de anomalias cuja identificação e a mitigação das respectivas consequências são objecto de um projecto de investigação multidisciplinar actualmente em curso no LNEC e que visa particularmente o rico património nacional de azulejos históricos.

A utilização da pedra à vista nas construções confere imponência e percepção de valor às superfícies. Apesar de durável, este material pode ser afectado por anomalias graves e de extensão considerável. A extracção, no passado, das zonas superficiais mais alteradas das pedreiras tornou mais fácil o trabalho implicando no entanto durabilidades mais limitadas. As extracções modernas em profundidade proporcionaram a utilização dos materiais mais duros, resistentes e duráveis mas a incorporação de materiais incompatíveis ou a procura de características melhoradas com redução de custo de preparação tem contribuído para a ocorrência de patologias graves e por vezes de grande extensão que afectam as construções modernas. Neste contexto, os estudos realizados no LNEC têm incluído: i) a identificação dos factores de degradação que são responsáveis pela baixa durabilidade dos materiais pétreos em determinadas situações de utilização; ii) a caracterização dos materiais alterados; iii) o estudo de formas de intervenção para mitigação da perda de durabilidade; iv) a simulação laboratorial visando a antecipação do comportamento dos sistemas ou a comparação de desempenho de soluções diferentes.

Actualmente, o mercado disponibiliza uma vasta gama de produtos de ligação e de tratamento que são supostos proporcionar melhores desempenho e durabilidade, tendo em conta os suportes em que são aplicados e as agressões potenciais. Mas há falhas graves quanto à avaliação das consequências da sua aplicação em pedras nacionais e do comportamento em situações adversas de que resultam anomalias, por vezes já aparentes no curto prazo.

Além das utilizações da pedra em construções recentes, o LNEC tem, também, uma vasta actividade em prol da conservação dos materiais pétreos utilizados no património construído histórico, tendo como objectivo salvaguardar a durabilidade que se mede, agora, numa escala multiseccular, contribuindo para assegurar a passagem às gerações futuras dos monumentos legados pelas gerações passadas.

Por outro lado, a exploração intensiva dos materiais pétreos e a produção de produtos cerâmicos gerou questões ambientais que a própria indústria dos materiais tem ajudado a minorar. Nesta linha, a reutilização dos resíduos de pedra, cerâmicos e outros na produção da chamada “pedra reconstituída” e de materiais afins é já uma realidade no mercado europeu, com expressão no nosso país. Mas o desempenho e a durabilidade destes novos materiais incluindo a estabilidade física e a permanência das cores coloca problemas novos que requerem o estudo específico de cada produto, em particular através de ensaios de envelhecimento acelerado que permitem simular num curto prazo as solicitações de muitos anos de serviço. Existem também outros problemas específicos que se colocam em relação ao comportamento destes promissores materiais de que é particularmente relevante a questão das técnicas e materiais de ligação a utilizar na montagem em obra e que recomendam a avaliação experimental da viabilidade das soluções propostas.



Os materiais de terra crua (taipa, adobe) têm uma história de uso tradicional que só por si é abonatória da sua durabilidade, em complemento da sua reconhecida eficiência energética face às nossas condições climáticas. A sensibilização internacional para a continuidade da sua utilização originou no LNEC um estudo, quer na sua vertente mais tradicional, quer na óptica da sua optimização num contexto de utilização mais moderno. Os trabalhos em curso visam a caracterização dos materiais presentes em construções existentes, a conservação e reparação de materiais antigos, mas também a avaliação das suas características face às exigências de documentos normativos internacionais. Para além disso, o estudo do efeito da incorporação de estabilizantes (cal, cimento) visando um desempenho mais adequado destes materiais face às exigências modernas tem sido um dos tópicos relevantes.



As anomalias mais frequentes em revestimentos por pintura são: destacamento, fissuração, alteração de cor, manchas e pulverulência. As causas podem ser imputáveis ao uso de produtos de má qualidade, incluindo tinta inadequada, ou a erros de aplicação, mas frequentemente as patologias surgem devido ao acesso de humidade ou à existência (ou ao aparecimento) de defeitos no suporte, nomeadamente, porosidade excessiva e fendilhação.

A prevenção de eventuais anomalias em obra passa também pelo conhecimento das propriedades e dos mecanismos de degradação dos materiais, através da caracterização físico-química e da avaliação do seu desempenho e durabilidade. No que respeita aos materiais de natureza polimérica, o LNEC utiliza diversas técnicas experimentais de onde se destacam a cromatografia e espectrofotometria de infravermelho, a análise térmica e reológica. Dispõe, igualmente, de técnicas específicas para avaliação das propriedades superficiais e mecânicas e para o estudo da durabilidade através de exposição em condições de envelhecimento artificial acelerado e sua comparação com o resultado da exposição em ambiente natural.

Estão actualmente em curso projectos de investigação nos seguintes domínios: i) reciclagem de misturas betuminosas; ii) avaliação do desempenho de novos produtos de revestimento com propriedades especiais, nomeadamente revestimentos por pintura multi-funcionais, “smart coatings” e produtos ambientalmente favoráveis de elevado desempenho; iii) estudo da estabilidade termoxidativa e da incorporação de material reciclado em polietilenos; iv) avaliação da durabilidade de materiais compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras.

MATERIAIS POLIMÉRICOS

Muitos dos materiais usados na indústria da construção são de natureza orgânica ou polimérica - tubagens de material plástico, tintas e vernizes, colas e adesivos, ligantes betuminosos, telas de impermeabilização, plásticos e resinas reforçados com fibras de vidro ou de carbono. Muitos deles integram sistemas de reabilitação em obras de engenharia civil, por exemplo, o reforço de estruturas de betão usando materiais compósitos de matriz polimérica, enquanto que outros como as tintas e vernizes são utilizados na protecção da madeira, do betão e rebocos cimentícios, ou de estruturas metálicas.

A sua durabilidade e desempenho satisfatórios dependem da adequada selecção do material e das suas características face às condições de utilização, dos cuidados de aplicação/instalação ou, no caso da utilização de revestimentos por pintura, do estado do suporte (preparação, acesso de humidade), e da acção de agentes atmosféricos.

As anomalias que podem surgir nos sistemas de tubagem de material plástico resultam normalmente das seguintes causas: qualidade deficiente a nível dos tubos, dos acessórios ou dos componentes usados na execução das uniões tubo/tubo e tubo/acessório (colas e anilhas de estanquidade em borracha); má execução da instalação (instalação em vala ou má execução das uniões); má utilização (sobreprensuração, cargas exteriores excessivas).





A degradação da madeira por agentes biológicos (fungos ou insectos) pode ocorrer quando madeira de espécies susceptíveis ou pouco duráveis relativamente a cada um desses agentes é colocada em condições ambientais (nomeadamente, temperatura e humidade), que possibilitem o seu ataque à madeira. A norma europeia EN 335-2 apresenta as Classes de Risco biológico que correspondem às diversas situações de aplicação, para madeira maciça.

Por outro lado, nem todas as madeiras são igualmente susceptíveis à degradação por agentes biológicos, pelo que a selecção de espécies com durabilidade natural adequada ou a rejeição do borme da madeira (proveniente da parte periférica do tronco da árvore, com durabilidade mais baixa do que o cerne da mesma espécie) poderão constituir uma forma eficaz de garantir a durabilidade dos elementos aplicados.

A durabilidade natural das madeiras mais correntemente usadas está, de uma forma geral, estudada e pode ser consultada por exemplo na norma europeia EN 350-2. No entanto, no caso de derivados de madeira, dada a grande variedade de produtos oferecidos pelo mercado, pode ser necessário verificar, por meio de ensaios laboratoriais ou de campo, a sua durabilidade natural.

Quando a durabilidade natural não é suficiente, poderão ser aplicados à madeira tratamentos preservadores, com eficácia fungicida ou insecticida, adequados à Classe de Risco de aplicação pretendida. A eficácia desses produtos deve ser avaliada por meio de ensaios conduzidos por um laboratório competente, traduzida por um Documento de Homologação ou de Aplicação do produto preservador.

A estabilidade dimensional dos produtos de madeira é outro dos aspectos a ter em conta, dada a elevada higroscopicidade deste material. No caso da madeira maciça, a reacção às variações ambientais traduz-se pela absorção ou perda de água com consequentes inchamentos ou retracções e o eventual desenvolvimento de empenos e fendas, o que varia de espécie para espécie. No caso de derivados de madeira, em particular nos aglomerados de partículas e de fibras, além de variações dimensionais pode ainda ocorrer a sua desagregação mais ou menos intensa, o que depende essencialmente do tipo de aglutinante usado e de eventuais aditivos (veja-se a este respeito a norma EN 301). É ainda importante prever pormenores construtivos que, por um lado, limitem a absorção e retenção de água e, por outro, permitam as naturais variações dimensionais da madeira.

O LNEC tem participado em inúmeros projectos de investigação nacionais e internacionais e encontram-se actualmente em curso estudos de investigação nos seguintes domínios: i) fabrico e durabilidade de estruturas de madeira lamelada colada; ii) qualificação de compósitos de madeira para a construção; iii) avaliação da resistência de elementos e ligações e de estruturas de madeira em serviço; iv) degradação e conservação de estruturas de madeira; v) reabilitação e reforço de estruturas de madeira.

MADEIRA



O bom desempenho e a durabilidade dos produtos de construção à base de madeira implicam o controlo da sua maior ou menor susceptibilidade ao ataque por agentes biológicos, razoável estabilidade dimensional face a eventuais variações das condições ambientais e, no caso de produtos derivados de madeira, capacidade de suportar o ambiente de exposição sem perder coesão ou resistência.