

"Bom" concreto (armado) versus corrosão

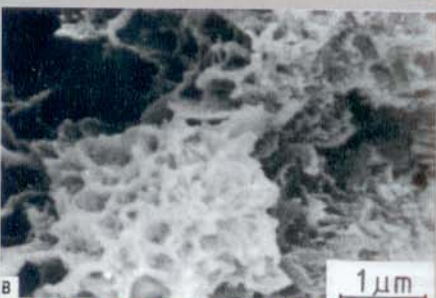
Pergunta

Projeto estruturas de concreto armado há 30 anos. Tenho acompanhado as matérias sobre corrosão do concreto armado nesta interessante revista, ao mesmo tempo em que fico preocupado com a situação do concreto, no tocante a corrosão. Assim mesmo, gostaria de perguntar-lhes se um concreto armado estrutural, bem dosado e aplicado, não estaria imune a esta degradação? Esta solução que serve de eletrólito para a corrosão, existiria num concreto com alta impermeabilidade?

Engº Rogério Dutra Ferraz (SP)

Resposta

Trata-se de uma pergunta complexa. Para respondermos necessitamos fazer uso do conhecimento das técnicas analíticas da ciência e tecnologia do concreto e adentrarmos neste material como se fôssemos uma nave espacial micrométrica. Em primeiro lugar, visualiza-



As fotos A e B são uma microscopia eletrônica de varredura evidenciando dois tipos de hidróxidos do silicato de cálcio. A foto A é uma pasta de cimento portland comum com fator A/C = 0,5 e com 10 horas de vida. A foto B é uma pasta com fator A/C = 0,44, tendo 2,5% de CaCl₂ na massa e 24 horas de vida.

mos a estrutura dos vazios da pasta de cimento portland hidratado, fundamental ao comportamento físico-mecânico-químico do concreto exposto a uma grande variedade de ambientes agressivos. Estes vazios e a solução que os preenche influenciam no transporte da massa de íons dentro do concreto e a interação com seus constituintes, através do processo de difusão. Reações com íons cloretos, sulfatos e a correspondente cinética destes mecanismos são, particularmente, afetados pelo tamanho dos vazios e sua continuidade. Por ser um assunto de grande interesse científico, existem numerosas técnicas para descrever a microestrutura da pasta de cimento, através de modelos de vazios, entre

elas a da afluência de hélio, a da adsorção de gás e a da ressonância magnética nuclear, consideradas as mais importantes. Portanto, é inquestionável a relação propriedade-estrutura dos vazios para a durabilidade do concreto, mais precisamente para a estrutura dos hidróxidos (aquelas substâncias resultantes da combinação com a água) do silicato de cálcio e a solução (eletrólito) que permeia pelos vazios.

Em segundo lugar, para responder sua pergunta precisamos falar sobre a permeabilidade do concreto. Gradientes de fluxos de vapor, pressão hidrostática, tensões, temperatura e a concentração das substâncias intervenientes tu-

GLOSSÁRIO

Angstrom A - É a medida correspondente a 10⁻¹⁰mm.

Difusão - É o transporte da matéria como resultado do movimento dos constituintes das partículas. A mistura de dois líquidos ou gases em contato, ocorre por difusão. Movimento aleatório de íons ou moléculas objetivando uma distribuição uniforme dentro de um sistema contínuo. Pode ocorrer apenas pela influência do gradiente da concentração (difusão livre) ou concomitantemente à ação de outros agentes (difusão forçada). É o caso, por exemplo, da difusão num líquido em movimento.



Um grão de cimento parcialmente hidratado (C). A dupla seta mostra a borda da hidratação.

multuam o estado de equilíbrio dos flúidos em materiais porosos. Entretanto, a transferência do fluxo destes flúidos ocorre de maneira tal que recupera o equilíbrio. Os processos de transporte do fluxo de flúidos são, geralmente, descritos em termos de adsorção, difusão (o ingresso de íons cloretos é feito por difusão iônica e/ou absorção na forma de solução), absorção e permeabilidade, sendo que a estrutura física do concreto, assim como o estado da água nos vazios tem tudo a ver. Logo, mais uma vez torna-se necessário o conhecimento da estrutura dos vários tipos de mecanismos de transporte. É preciso entender que o concreto é um falso sólido, heterogêneo e possuidor de uma estrutura bem complexa. A nível macroscópico (visto pelo olho humano), o concreto pode ser considerado um material de duas fases, consistido de partículas de agregados dispersos na matriz da pasta de cimento. A nível microscópico (visto pelo microscópio), introduz-se uma terceira fase - a zona de transição - perfeitamente identificável, que representa a região interfacial entre partículas do agregado e da pasta de cimento hidratado (PCH), como se fosse uma envoltória ou uma casca, com espessura girando em torno de 10 a 50 micrômetros. Dois destes três componentes, a zona de

transição e a PCH ficam submetidos, constantemente, a mudanças pertinentes ao ambiente e, portanto, pode-se afirmar que "o concreto funciona como um ser vivo". Para qualquer estágio da hidratação do cimento, a PCH consiste de produtos sólidos, provenientes do fenômeno da hidratação, denominados GEL. Nada mais são do que cristais de hidróxido de cálcio, cimento não hidratado e os espaços originalmente ocupados pela água de amassamento. Este gel é formado por suas próprias partículas e por vazios, conhecidos como vazios do gel. Para entender bem a permeabilidade existente em qualquer tipo de concreto, necessitamos conhecer os três tipos de vazios (os mais importantes) existentes na pasta do cimento portland. São eles o espaço intercamadas existente nos hidróxidos do silicato de cálcio (aqueles que chamamos de vazios do gel), os vazios capilares e os vazios que contêm ar. Não vamos estender esta resposta com as definições destas camadas, já que trata-se de, como dissemos, assunto complexo. Finalizando esta "viagem" visualizamos as diferentes formas d'água existentes no interior do concreto e que estão associadas à estrutura dos hidróxidos do silicato de cálcio. A primeira é a água quimicamente combinada, aquela que é parte integral da estrutura dos vários produtos da hidratação do cimento e que não evapora durante a secagem do concreto. A segunda é a água intercamadas, que existe entre as camadas dos hidróxidos do silicato de cálcio. Para processos de secagem violentos, isto é, com intervenção de temperaturas elevadas ou mesmo com umidade relativa inferior a 10%, poder-se-á perder estes dois tipos de água. O terceiro tipo é a água adsorvida, aquela bem próxima da superfície dos sólidos, fixada pelas forças físicas de atração. Um processo de secagem da PCH, submetido a umidade relativa inferior a 30% fará perder a maior parte desta água, responsável pela retração por secagem do concreto. A quarta e última é a água livre ou capilar que se move tranquilamente pelos capilares com diâmetros maiores do que 50A e é responsável pela maioria dos processos de degradação do concreto armado, inclusive a corrosão, já que serve de veículo de transporte dos íons agressivos. Esta água funciona como um potente solvente, dissolvendo toda e qualquer substância em seu caminho e, como consequência, tornando-o mais permeável.

O efeito global da estrutura dos vazios e a consequente permeabilidade influenciam a penetração de substâncias agressivas e se relacionam diretamente com o fato de um concreto ser ou não diretamente imune a ação da corrosão em suas armaduras. Ocorre que o concreto (armado) não sofre só deste mecanismo de deterioração. O ataque de sais e de álcalis (este implica na reatividade alcali-agregado), de sulfatos e de ácidos são outras formas de ruína do concreto que, com a consequente formação de fissuras e trincas, relaciona-se diretamente também com o desenvolvimento de corrosão em suas armaduras.

Em resumo, um concreto (armado) pode ser "bom", mas como "ser vivo" que é, fica submetido as ações do seu ambiente, podendo se tornar uma bomba relógio.