

## Patologias nas estruturas de concreto metroferroviárias: saiba como evitá-las

O uso do material correto pode garantir melhor desempenho e durabilidade da via

O concreto é um dos elementos fundamentais para a construção de uma obra metroferroviária. A qualidade desse insumo começa no controle dos componentes da mistura para evitar patologias como corrosão, fissura, umidade, entre outros problemas que possam prejudicar a estrutura. Uma das indicações dos especialistas é verificar se o concreto utilizado segue as normas brasileiras e as especificações que garantem o desempenho e durabilidade adequados ao local em que será aplicado.

Uma vez que a diferença entre o concreto (mistura de água, cimento e agregados) usado para uma estruturas do transporte de passageiros sobre trilhos ou para ferrovia de cargas, e o concreto comum aplicado em outros setores da construção civil está nos indicadores de durabilidade, uma das principais medidas para iniciar o empreendimento é seguir as especificações como: características, tipo de cimento, relação água/cimento máxima, seja ele convencional armado ou protendido, pré-moldado ou projetado que são indicadas



Foto: Revista AdNormas



Implantação do revestimento secundário do poço principal, Estação PUC-Cardoso de Almeida. Foto: MetrôCPTM

para cada tipo de construção e ambiente em que será executado.

Para atender estes requisitos de durabilidade e desempenho exigidos para a execução da infraestrutura, o concreto é atestado por meio de ensaios comprobatórios feitos em amostras do material que será aplicado. Esses testes são regulamentados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que garante o controle de qualidade e tecnológico da obra, mas quando não existem essas especificações que comprovam os testes para aprovação do material que será utilizado, recomenda-se consultar um especialista para emitir

um plano de inspeção técnica e ensaios que atendam o projeto.

A NBR 12655 da ABNT estabelece que as estruturas de concreto apresentam desempenho satisfatório quando expostas a variadas condições ambientais, incluindo o contato com água e solos contendo agentes agressivos. Entretanto, determinadas condições de exposição podem comprometer a vida útil de uma estrutura, caso não sejam tomadas medidas adequadas para prevenir ou reduzir o risco potencial de deterioração.

De acordo com o consultor em Tecnologia de Concreto, Roberto Dakuzaku, o concreto usado

**“O pioneirismo destas exigências em relação a especificação do material, vem do Metrô de São Paulo, uma das poucas empresas a especificar a resistência do concreto, FCK e indicadores de durabilidade avaliados por meio de ensaios comprobatórios, além de assegurar uma vida útil mínima de 100 anos para a estrutura de concreto”**

**Roberto Dakuzaku**

Consultor em Tecnologia de Concreto



em obras metroferroviárias deve atender a essa norma e constar em editais de concorrências e especificações técnicas do projeto. "O pioneirismo destas exigências [de especificação do material] vem do Metrô de São Paulo, uma das poucas empresas a especificar a resistência do concreto, FCK (do inglês, Feature Compression Know) e indicadores de durabilidade avaliados por meio de ensaios comprobatórios, além de assegurar uma vida útil mínima de 100 anos para a estrutura de concreto", assegura Dakuzaku.

A degradação das estruturas metroferroviárias, segundo o consultor, podem ocorrer devido a vá-

rios fatores entre eles: problemas de resistências insatisfatórias do concreto, qualidade dos insumos do traço aplicado e na entrada de agentes agressivos ao concreto armado através da porosidade, fissuras, defeitos executivos no tratamento de juntas e falhas de concretagem.

"Esses processos de degradação, geralmente, são causados pela corrosão do aço devido ao fenômeno de carbonatação, ataques químicos por cloretos e sulfatos quando existentes no terreno local, correntes elétricas parasitas ou de fuga no caso de estruturas sujeitas à corrente contínua e, mais raros, ataques biológicos", informa o especialista.

#### Ensaios de laboratório, relacionados à durabilidade do concreto

Ensaio comprobatórios de durabilidade	Metodologia	Resultados obtidos		
		Média	Maior	Menor
Absorção de água por imersão e fervura	NBR 9778	4,0 %	6,3%	2,0%
Ascensão de água por capilaridade	NBR 9779	2,2 cm	4,4 cm	0,9 cm
Penetração de água sob pressão	NBR 10787	2,5 cm	4,6 cm	0,5 cm

*Resultados de ensaios de durabilidade dos lotes de segmentos de concreto pré-moldado reforçado com fibras de aço produzidos na fábrica de aduelas do consórcio construtor da primeira etapa da Linha 4 Amarela do Metrô de São Paulo*

“*O pioneirismo destas exigências em relação a especificação do material, vem do Metrô de São Paulo, uma das poucas empresas a especificar a resistência do concreto, FCK e indicadores de durabilidade avaliados por meio de ensaios comprobatórios, além de assegurar uma vida útil mínima de 100 anos para a estrutura de concreto*”

**Roberto Dakuzaku**

*Consultor em Tecnologia de Concreto*



Outro fator que contribui para a ocorrência de patologias na infraestrutura é a presença de umidade no concreto que acontece pela absorção, imersão ou permeabilidade sob pressão e por difusão. Por tudo isso, seguir as normas técnicas é tão importante. O consultor em Tecnologia de Concreto alerta que nas obras ferroviárias as exigências são mais brandas em relação às obras metroviárias. "Cabe

ressaltar que defeitos e falhas executivas não tratadas durante a construção do empreendimento não devem ser tratadas como patologias", adverte.

Para definir os tipos de materiais corretos que serão usados é recomendado investigar a agressividade do solo e água do terreno, já que em obras subterrâneas do metrô, as estruturas tendem a ser enterradas, para determinar a composição do concreto. "Estudar, planejar e elaborar planos especiais de concretagem é outro procedimento importante. Quando cumpridas estas etapas, as manifestações patológicas são minimizadas", avalia o consultor.

"Para as equipes de produção da obra, que literalmente 'amassam o barro', é importante implantar campanhas de treinamentos e qualificação dos colaboradores, pois este pessoal é um dos definidores da qualidade da estrutura concretada", recomenda Dakuzaku. O treinamento e a capacitação das equipes contribuem muito para que a estrutura funcione adequadamente ao longo do ciclo de vida.

Outro ponto de atenção em relação aos elementos pré-fabricados, como por exemplo os dormentes de concreto, além da seleção dos materiais, controle tecnológico e investigação de seus requisitos de durabilidade, é conciliar o uso de materiais adequados com o processo produtivo dessas peças.

"Como o tipo de solução de fabricação mais comum requer condições de cura diferentes das normalmente empregadas a um concreto convencional, com uso de elevadas temperaturas para tal, faz-se necessário tomar mais rigoroso o acompanhamento e a definição de uma curva de cura térmica adequada, para minimizar os riscos de ocorrências de manifestações patológicas provenientes desse tipo de atividade", explica a engenheira civil e consultora em Tecnologia de Concreto, Luciana dos Anjos Faria.

Se mesmo com todos estes cuidados ocorrer patologias como fissuras, falta de cobrimento e armaduras expostas, juntas frias e falhas de concretagem na estrutura, existe a possibilidade de solução. O problema deve ser inspecionado, cadastrado, diagnosticado e analisado por um especialista em patologias e terapias das construções de concreto. Esse profissional irá avaliar a gravidade da anomalia e definir os procedimentos de recuperação.

#### Indicadores e ensaios comprobatórios de durabilidade do concreto para obras metroviárias:

**ABNT NBR 9204** – Concreto endurecido – Determinação da resistividade elétrica-volumétrica – Método de ensaio, parâmetros especificados:

- Resistividade elétrica-volumétrica do concreto em contato com terra externa e terra do túnel  $\leq 15.000 \text{ ohm.cm}$
- Resistividade elétrica-volumétrica do concreto em contato com a terra do túnel e terra da via  $\leq 60.000 \text{ ohm.cm}$

**ABNT NBR 9778** – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica  $\leq 8\%$

**ABNT NBR 10787** – Concreto endurecido – Determinação da penetração de água sob pressão  $\leq 5 \text{ cm}$

**SIA 162/1** - Absorção capilar –  $\leq 24 \times 15,0 \text{ g/m}^2/\text{s}^2$  (norma europeia obsoleta). Em vigor no Brasil, a norma ABNT NBR 9779 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade pode substituir a norma obsoleta, desde que seja estabelecidos os parâmetros de controle.

Quando inexistente estas especificações, é recomendável consultar um especialista em tecnologia de concreto para elaborar e emitir um plano de inspeção técnica e um plano de ensaios que venham a atender o projeto e as normas técnicas pertinentes. Em seguida é necessário solicitar a validação junto ao cliente. Estes planos serão ferramentas essenciais para os controles de qualidade e tecnológico da obra.

"Diagnosticar as prováveis causas de fissuras nem sempre é uma tarefa simples devido às complexidades do mecanismo de manifestação que podem ser de retração química, plástica, por secagem, térmica e de restrição da movimentação volumétrica do concreto. Podem ocorrer em idades precoces, antes mesmo de finalizar o lançamento do concreto e em idades jovens, antes ou depois da desforma e em idades mais avançadas", alerta Dakuzaku.

Segundo ele, antes de definir o tratamento, é necessário avaliar a classe de agressividade ambiental, medir e monitorar o trabalho das aberturas para classificar em: ativas, quando há movimentação, ou passivas, quando a abertura não varia. O próximo passo é avaliar se as aberturas são aceitáveis pelo projetista estrutural ou por normas técnicas da ABNT.

Já as patologias nas juntas de concretagem, explica o consultor, são comuns no preparo inadequado da superfície de concreto antigo e nas áreas adjacentes à junta e podem ocorrer por falta ou deficiência de apicoamento, remoção de resíduos de concreto e nata de cimento deixados pelo corte verde, caso seja este o procedimento de tratamento adotado. De acordo com o consultor em Tecnologia de Concreto, espessura e secagem prematura da ponte de aderência, seja argamassa ou polimérica, aplicada na superfície do concreto velho é uma das ocorrências anômalas mais recorrentes, podendo evoluir para infiltrações na presença de água e lixiviação de sais solúveis do concreto.

De acordo com o especialista, as falhas de concretagem, conhecidas popularmente por "bicheiras" são causadas durante o lançamento do concreto fresco, seja por abertura da forma, deficiência de vibração da camada de concreto devido à espessura lançada dentro da forma, inexperiência do vibradorista, traço de concreto muito britado, altura de queda livre do concreto, taxa de armadura e dimensões estreita da forma. Deficiências de espessura de recobrimento de armaduras exigem tratamento compatível com o acabamento e classe de agressividade ambiental, ambiente interno, externo ou enterrado.



Tratamento de Concreto Aparente no Metrô - Chácara Klabin - Foto: Policoncreto Engenharia

Após o diagnóstico do especialista em patologia da construção de estruturas de concreto, é elaborado um procedimento de reparo indicando o tratamento para a patologia que pode ser: limpeza do substrato, preparo da superfície, necessidade de recompor perda de seção da armação, metodologias de serviços e indicação do material de reparo.

"Em elementos de concreto empregados em ferrovias é importante a avaliação da durabilidade do reparo empregado frente ao intemperismo e aos variados gradientes de temperatura aos quais o concreto está submetido. Cabe salientar que algumas especificações de obras metroviárias exigem o tratamento de todas as armaduras expostas e fissuras com mecanismo de infiltração de água, independente da abertura ser aceitável para a durabilidade do concreto armado", finaliza Dakuzaku.