



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-
ESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-000
Tel/fax: (21) 3371-5888

NORMA DNIT 090/2006 – ES

Patologias do concreto – Especificação de serviço

Autor: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

Processo: 50.607.000.720 / 2006 - 18

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 11/07/2006.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Obras-de-arte especiais, recuperação de pontes, concreto, patologia.

Nº total de páginas

10

Resumo

Este documento define a sistemática a ser observada na recuperação do concreto de obras-de-arte especiais, atacada por patologias de origem física ou química. Descreve e classifica as causas dessas patologias e a maneira de como recuperá-las. Trata também, do manejo ambiental, da inspeção e dos critérios de medição.

Abstract

This document describes the method of restoring special road engineering structures when they have been affected by “diseases” from physical or chemical source. It classifies current diseases, establishes their usual causes and shows the ways to treat them. It also deals with environmental management, inspection and criteria for job measurements.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo	1
2 Referências normativas e bibliográficas	2
3 Classificação das causas das patologias	2
4 Deterioração do concreto por ações físicas	3

5 Deterioração do concreto por ações químicas	4
6 Recuperação de elementos deteriorados por ações físicas.....	6
7 Recuperação de elementos deteriorados por reações químicas	6
8 Manejo ambiental	8
9 Inspeção.....	8
10 Condições de conformidade e não conformidade.....	8
11 Critérios de medição.....	9
Índice geral.....	10

Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa para servir como documento base na definição da sistemática para ser empregada na execução de serviços de recuperação do concreto de obras-de-arte especiais, deteriorado por patologias de origem física ou química e está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2002 – PRO.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo listar as patologias do concreto, de origem física e química, e estabelecer os procedimentos a serem seguidos sempre que seja

necessário recuperar as peças afetadas pelas patologias, de origem física ou de origem química.

Como a identificação e a recuperação de patologias dependem, essencialmente, do conhecimento de suas causas e de sua evolução, esta Norma, resumidamente, tratará também, destes aspectos.

2 Referências normativas e bibliográficas

2.1 Referências normativas

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118: projeto de estruturas de concreto: procedimento*. Rio de Janeiro, 2003.
- b) _____. *NBR 7187: projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido: procedimento*. Rio de Janeiro, 2003.
- c) _____. *NBR 7188: carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre*. Rio de Janeiro, 1984.

2.2 Referências bibliográficas

- a) AMERICAN CONCRETE INSTITUTE *Concrete repair manual*. 2nd. ed. Farmington Hills, MI, 2003.
- b) ANDRIOLO, Francisco Rodrigues. *Construção de concreto*. São Paulo: PINI, 1984.
- c) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual de construção de obras-de-arte especiais*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1995.
- d) _____. *Manual de projeto de obras-de-arte especiais*. Rio de Janeiro, 1996.
- e) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Manual de inspeção de pontes rodoviárias*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- f) HARTLE, R. A. et al. *Bridge inspector's training manual'90*. Rev. ed. Washington, D. C.: FHWA, 1995.

- g) FERNÁNDEZ CÁNOVAS, Manuel. *Patologia e terapia do concreto armado*. São Paulo: PINI, 1988.
- h) MALLETT, G. P. *Repair of concrete bridges: state of the art review*. London: Thomas Telford; New York: ASCE, 1994.
- i) MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: PINI, 1994.
- j) RAINA, V. K. *Concrete bridges: inspection, repair, strengthening, testing and load capacity evaluation*. New York: McGraw-Hill, 1996.
- k) SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: PINI, 2001.

3 Classificação das causas das patologias

As causas físicas da deterioração do concreto podem ser agrupadas em duas categorias:

- a) desgaste superficial, ou perda de massa devida à abrasão, à erosão e à cavitação;
- b) fissuração, devidas a gradientes normais de temperatura e umidade, a pressões de cristalização de sais nos poros, a carregamento estrutural e à exposição a extremos de temperaturas, tais como congelamento ou fogo.

As causas químicas da deterioração do concreto podem ser agrupadas em três categorias:

- a) hidrólise dos componentes da pasta de cimento por água pura;
- b) trocas iônicas entre fluidos agressivos e a pasta de cimento;
- c) reações causadoras de produtos expansíveis, tais como expansão por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão da armadura no concreto.

4 Deterioração do concreto por ações físicas

4.1 Definições e condições gerais dos desgastes superficiais

4.1.1 Desgaste superficial devido à abrasão

A abrasão refere-se a atrito seco e é a perda gradual e continuada da argamassa superficial e de agregados em uma área limitada; bastante comum nos pavimentos, pode ser classificada, conforme a profundidade do desgaste, em:

- a) desgaste leve: perda da argamassa superficial em até 6mm de profundidade, já com exposição do agregado graúdo;
- b) desgaste médio: perda da argamassa superficial de 7 a 12mm de profundidade, com perda também da argamassa entre o agregado graúdo;
- c) desgaste pesado: perda de argamassa superficial de 13 a 25mm de profundidade, com clara exposição do agregado graúdo;
- d) desgaste severo: perda da argamassa superficial, de partículas do agregado graúdo e também da argamassa de envolvimento do agregado graúdo em profundidades maiores que 25mm, com possível exposição de armaduras.

Para obtenção de uma boa resistência à abrasão em superfícies de concreto, a resistência à compressão do concreto não deve ser menor que 28 MPa, sendo recomendáveis também, uma baixa relação água/cimento, com granulometria, lançamento e adensamento adequados.

4.1.2 Desgaste superficial devido à erosão

Quando um fluido em movimento, ar ou água, esta principalmente em pontes, contendo partículas em suspensão, atua sobre superfícies de concreto, as ações de colisão, escorregamento ou rolagem das partículas podem provocar um desgaste superficial do concreto.

A intensidade da erosão que, em ambiente aquífero, que é também conhecida como lixiviação, depende da porosidade e resistência do concreto e da quantidade,

tamanho, forma, massa específica, dureza e velocidade das partículas em movimento

Para obtenção de uma boa resistência à erosão em superfícies de concreto, deve ser usado agregado com alta dureza e concreto com resistência à compressão, aos vinte e oito dias, de 40MPa, curado adequadamente antes da exposição ao ambiente agressivo.

4.1.3 Desgaste superficial devido à cavitação

Os concretos de boa qualidade têm excelente resistência a fluxos constantes de alta velocidade de água pura, mas fluxos não lineares, a velocidades acima de 12m/s, em ambientes abertos, podem causar uma erosão severa do concreto, devida à cavitação.

Em águas correntes, formam-se bolhas de vapor quando a pressão absoluta local, em dado ponto na água, é reduzida à pressão de vapor ambiente da água, para dada temperatura ambiente. À medida que as bolhas de vapor que fluem na água entram em uma região de pressão mais elevada, elas implodem com grande impacto, pela entrada de água a alta velocidade nos espaços antes ocupados pelo vapor, causando severas erosões localizadas.

A cavitação provoca um desgaste irregular da superfície do concreto, dando-lhe uma aparência irregular e corroída, muito diferente das superfícies desgastadas de forma regular pela erosão de sólidos em suspensão.

4.2 Definições e condições gerais da fissuração

4.2.1 Fissuração devida a gradientes normais de temperatura e umidade

Sempre que as mudanças de volume nos elementos de concreto, causadas por gradientes de temperatura e umidade, provocarem tensões de tração superiores às tensões de tração admissíveis, poderá haver o aparecimento de fissuras de origem física.

4.2.2 Fissuração devida à pressão de cristalização de sais nos poros

Segundo a ACI, há evidências de que a ação, puramente física, da cristalização de sulfatos nos poros do concreto pode ser responsável por danos consideráveis, sem envolver o ataque químico ao cimento.

Como exemplo, pode ser citado o caso de um muro de arrimo ou laje de um concreto permeável que, de um lado está em contacto com uma solução salina e, do outro lado está sujeito à evaporação: o concreto pode deteriorar-se por tensões resultantes da pressão de sais que cristalizam nos poros.

4.2.3 Fissuração devida à carga estrutural

Sobrecargas excessivas, impactos não previstos e cargas cíclicas podem provocar solicitações que ultrapassam as solicitações de fissuração, provocando o aparecimento destas patologias.

4.2.4 Fissuração devida à ação de temperaturas extremas

a) Deterioração por ação do congelamento

A deterioração por congelamento no concreto pode ter várias formas, sendo a mais comum a fissuração e destacamento do concreto superficial; lajes de concreto expostas a congelamento e degelo, na presença de umidade e produtos químicos para degelo, são suscetíveis a descascamento, isto é, a superfície acabada do concreto escama ou descasca.

As causas da deterioração do concreto endurecido pela ação do congelamento podem ser relacionadas à complexa microestrutura do material e às condições específicas do meio ambiente.

A incorporação de ar tem demonstrado ser uma maneira efetiva de reduzir o risco de danos ao concreto pela ação do congelamento.

b) Deterioração por ação do fogo

O comportamento real de um concreto exposto à alta temperatura resulta de muitos fatores que interagem simultaneamente e que são de grande complexidade para uma análise exata.

Basicamente, o concreto é considerado um material de boa resistência ao fogo: é incombustível e não emite gases tóxicos quando exposto a altas temperaturas; ao contrário do aço, é capaz de manter

resistência suficiente por períodos longos quando sujeito a temperaturas da ordem de 700 a 800° C.

Há estudos específicos sobre a ação de altas temperaturas na pasta de cimento, no agregado e no concreto; estes estudos, o conhecimento da temperatura atingida pelo fogo, sua duração e a análise de corpos de prova retirados de elementos afetados pelo fogo, permitem avaliar o grau de comprometimento da estrutura.

5 Deterioração do concreto por reações químicas

5.1 Considerações gerais

As reações químicas que provocam a degradação do concreto podem ser resultantes de interações químicas entre agentes agressivos presentes no meio ambiente externo e os constituintes da pasta de cimento ou podem resultar de reações internas, tipo reação álcali-agregado, ou da reação da hidratação retardada CaO e MgO cristalinos, se presentes em quantidades excessivas no cimento Portland, ou ainda, da corrosão eletroquímica da armadura do concreto.

Convém ressaltar que as reações químicas se manifestam através de deficiências físicas do concreto, tais como aumento da porosidade e da permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e lascamento.

5.2 Considerações particulares

5.2.1 Reações por troca de cátions

Os três tipos de reações, baseadas na troca de cátions e que degradam o concreto são as relacionadas a seguir:

a) Formação de sais solúveis de cálcio

Soluções ácidas contendo ânions que formam sais solúveis de cálcio são encontradas com frequência nos processos industriais; ácido hidrolórico, ácido sulfúrico e ácido nítrico são alguns deles.

As reações por troca de cátions entre as soluções ácidas e constituintes da pasta de cimento geram sais solúveis de cálcio que

podem ser removidos pela lixiviação, degradando o concreto.

- b) Formação de sais de cálcio insolúveis e não expansivos

Os sais insolúveis de cálcio, resultantes de reações de águas agressivas que contêm certos ânions, com a pasta de cimento, se não forem expansivos e nem removidos por infiltrações, não degradam o concreto.

A exposição do concreto a restos de animais em decomposição ou a materiais vegetais, causa a degradação química do concreto através da ação do ácido húmico.

- c) Ataques químicos por soluções contendo sais de magnésio

A água do mar, as águas subterrâneas e alguns efluentes industriais podem conter cloretos, sulfatos e bicarbonatos de magnésio em concentrações danosas ao concreto.

As soluções de magnésio reagem com o hidróxido de cálcio presente na pasta de cimento Portland, para formar sais solúveis de cálcio que podem ser lixiviados.

O ataque prolongado de soluções de magnésio pode evoluir até provocar a perda de algumas características cimentícias, com grande degradação do concreto.

5.2.2 Reações envolvendo hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento endurecido: Eflorescência

Provocada quando águas puras com poucos ou nenhum íon de cálcio entram em contacto com a pasta de cimento Portland; elas podem hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio.

A lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto, além da perda de resistência, provoca agressões estéticas, já que o produto lixiviado interage com o CO₂ presente no ar, daí resultando a precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície.

5.2.3 Reações envolvendo a formação de produtos expansivos

Reações químicas envolvendo a formação de produtos expansivos no concreto endurecido podem provocar sua degradação; inicialmente a expansão pode não provocar danos ao concreto, mas o aumento das tensões internas pode causar o fechamento das juntas de expansão, deformações, fissuração, lascamento e pipocamento do concreto.

Os quatro fenômenos associados com reações químicas expansivas são: ataque por sulfato, ataque álcali-agregado, hidratação retardada de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) livres e corrosão da armadura de concreto.

- a) Ataque por sulfato

A degradação do concreto em consequência de reações químicas entre o concreto de cimento Portland e íons de sulfato de uma fonte externa, pode se manifestar de duas formas distintas: pela expansão do concreto ou pela perda progressiva de resistência e perda de massa.

A expansão do concreto provoca sua fissuração e o conseqüente aumento da permeabilidade e da fragilidade para a penetração de águas agressivas.

Os sulfatos podem ser encontrados nos solos, na água do mar, em águas subterrâneas e em solos e em águas com adubos e defensivos agrícolas.

- b) Reação álcali-agregado ou reação álcali-sílica

As reações denominadas álcali-agregado ou álcali-sílica são reações químicas envolvendo íons alcalinos do cimento Portland, íons hidroxila e certos constituintes silicosos que podem estar presentes no agregado; resulta daí a importância da escolha do cimento, dos agregados e da compatibilidade destes materiais.

Manifesta-se pela expansão e fissuração do concreto, com perda de resistência, elasticidade e durabilidade.

- c) Hidratação do MgO e CaO cristalinos

A hidratação do MgO e CaO cristalinos quando presentes em grandes quantidades no cimento, podem causar expansão e fissuração no concreto.

O efeito expansivo e altamente nocivo da grande quantidade de MgO no cimento foi reconhecida na França, quando o colapso várias pontes de viadutos de concreto foi atribuído a este fator, e na Alemanha, que foi forçada a reconstruir um edifício, pelos mesmos motivos. O percentual de MgO que, nos exemplos citados, chegava a 30%, hoje é da ordem de 6%.

O CaO, que também pode ser nocivo, tem, da mesma forma, seu percentual limitado.

Manifesta-se pela expansão e fissuração do concreto.

d) Corrosão da armadura do concreto

Manifesta-se pela expansão, fissuração, lascamento do cobrimento, perda de aderência entre aço e concreto e redução da seção transversal da armadura.

As corrosões, do concreto e do aço, são objeto de Especificação Particular própria.

6 Recuperação de elementos deteriorados por ações físicas

6.1 Desgaste superficial devido à abrasão

Na recuperação desta patologia, duas situações podem se apresentar: ou as áreas a recuperar são percentualmente pequenas, da ordem de 20% a 30% da área total, ou percentualmente consideráveis; no primeiro caso, a recuperação é localizada e artesanal e, no segundo caso, é geral e mecanizada.

Em virtude das pequenas espessuras das camadas desgastadas, a preparação superficial do concreto deve aumentar um pouco esta espessura, com auxílio de escarificadores e alargar a área afetada; o material de reposição, deve ser, no mínimo, uma argamassa de cimento Portland enriquecida por microsílica, acrílico, látex ou epóxi.

6.2 Desgaste superficial devido à erosão

A recuperação de elementos desgastados pela erosão, não havendo contaminação do concreto, pode, após uma limpeza com jatos de areia e água, ser efetuada com concreto projetado de boa resistência à erosão: alta dureza, baixa relação água/cimento e resistência à compressão, aos vinte e oito dias, de 40 MPa.

6.3 Desgaste superficial devido à cavitação

Devem ser eliminadas as causas da cavitação, tais como desalinhamentos na superfície do concreto e mudanças bruscas de declividade; um concreto resistente, satisfatório para desgastes por abrasão e erosão, pode não ser satisfatório para desgastes por cavitação.

6.4 Fissuração provocada por ações físicas

O tratamento de trincas e fissuras é objeto de uma Especificação Particular própria.

6.5 Deterioração do concreto por ação do fogo

A recuperação de uma estrutura deteriorada pela ação do fogo inicia-se pela verificação de sua estabilidade e da necessidade de escoramentos parciais ou escoramento total.

O conhecimento da temperatura atingida pelo fogo, sua duração, a análise dos corpos de prova retirados dos elementos afetados pelo fogo, aliados a estudos específicos sobre a ação de altas temperaturas na pasta de cimento, no agregado e no concreto permitem decidir sobre a demolição ou o aproveitamento parcial ou total dos elementos.

A recuperação implica em descascamentos de concreto, reforços de armaduras e encamisamentos de concreto.

7 Recuperação de elementos deteriorados por reações químicas

7.1 Reações com formação de sais solúveis de cálcio

Os sais solúveis de cálcio, quando lixiviados, não podem ser recuperados; entretanto, o prosseguimento da lixiviação pode ser atalhado com o tratamento das trincas e fissuras e, se for o caso, com pinturas impermeabilizantes e revestimentos.

7.2 Reações com formação de sais de cálcio insolúveis e não expansivos

Os sais insolúveis de cálcio, quando lixiviados, não podem ser recuperados; entretanto, o prosseguimento da lixiviação pode ser atalhado com o tratamento das trincas e fissuras e, se for o caso, com pinturas impermeabilizantes e revestimentos.

A ação do ácido húmico pode ser evitada com simples operações de manutenção.

7.3 Ataques químicos por soluções contendo sais de magnésio

Não tendo sido usados cimento e concreto adequados e tratando-se de ataques por agentes externos, estes somente serão atalhados com o tratamento de trincas e fissuras e o revestimento dos elementos afetados com concreto de alta resistência, pouca porosidade e aditivado por microsilica; a análise da gravidade dos ataques é que determinará a necessidade ou não de reforço estrutural.

7.4 Reações envolvendo hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento endurecido: Eflorescência

A grande maioria das eflorescências pode ser removida por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, escovação com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia.

Entretanto, alguns sais tornam-se insolúveis na água logo após entrarem em contacto com a atmosfera; eflorescências com estes sais podem ser removidas com soluções diluídas de ácido, desde que adotados os cuidados e procedimentos indicados a seguir.

As soluções sugeridas, que devem ser testadas em pequenas áreas não contaminadas, são:

- a) 1 parte de ácido muriático diluído em 9 a 19 partes de água;
- b) 1 parte de ácido fosfórico diluído 9 partes de água;
- c) 1 parte de ácido fosfórico mais uma parte de ácido acético diluídos em 19 partes de água.

A aplicação da solução diluída de ácido envolve quatro etapas:

- a) saturar a superfície de concreto com água pura, para evitar a absorção da solução ácida;
- b) aplicar a solução ácida em pequena áreas, não maiores que 0,5 m²;
- c) aguardar 5 minutos e remover a eflorescência com uma escova dura;
- d) lavar a superfície tratada com água pura, imediatamente após a remoção da eflorescência.

A prevenção da recorrência de novas eflorescências implica na necessidade de reduzir a absorção de água, o que pode ser realizado com o tratamento de trincas e fissuras e pinturas hidrofugantes.

7.5 Reações envolvendo a formação de produtos expansivos

7.5.1 Ataque por sulfato

Os fatores que influenciam o ataque por sulfato são: a quantidade e natureza do sulfato presente, o nível da água e sua variação sazonal, o fluxo da água subterrânea e a porosidade do solo, a forma de construção e a qualidade do concreto; são fatores externos e fatores que dependem de especificações construtivas.

A bibliografia registra inúmeros acidentes causados pelo ataque de sulfatos e a literatura técnica recomenda que, para um concreto com peso normal, uma relação água/cimento mais baixa deva ser usada para estanqueidade ou para proteção contra a corrosão; para condições de ataque muito severas, exige-se o uso de cimento Portland resistente a sulfato, uma relação água/cimento máxima de 0,45, um consumo mínimo de cimento de 370 kg/m³ e uma camada protetora de concreto.

A literatura existente indica medidas preventivas, qualidade construtiva e camadas protetoras, não tendo sido localizadas diretrizes para recuperação.

7.5.2 Reação álcali-agregado ou reação álcali-sílica

Os fatores mais importantes que influenciam as reações álcali-agregado são:

- a) o conteúdo de álcalis do cimento e o consumo de cimento do concreto;

- b) a contribuição de íons alcalinos de outras fontes tais como aditivos, agregados contaminados com sais e penetração de água do mar ou de soluções salinas;
- c) a quantidade, o tamanho e a reatividade do constituinte reativo aos álcalis presentes no agregado;
- d) a disponibilidade de umidade junta à estrutura de concreto;
- e) a temperatura ambiente.

A reação álcali-agregado só é verdadeiramente identificada após testes laboratoriais.

Não se conhece, até a presente data, um método definitivo de recuperação de estruturas afetadas por reações álcali-agregado: grandes estruturas, barragens principalmente, estão irremediavelmente condenadas ao colapso, apesar de extensas e intermitentes intervenções.

A título de recuperação de pequenas estruturas afetadas, pode-se, após três a cinco anos, quando muitas trincas poderão estar estabilizadas, tratá-las com injeções de epóxi; até lá, convém tratar as trincas com argamassa mais fraca, para evitar a entrada de materiais agressivos; este tratamento poderá ter que ser repetido, decorridos mais três anos.

7.5.3 Hidratação de MgO e CaO cristalinos

Atualmente, com as limitações dos percentuais destes dois elementos, as degradações por eles provocadas são, praticamente desconhecidas; entretanto, se identificadas por testes laboratoriais, há que se limitar as expansões e tratar as trincas e fissuras.

8 Manejo ambiental

As atividades diferenciadas para recuperação das Patologias do Concreto podem variar, em número, de acordo com a patologia a ser tratada, a gravidade da mesma e o tipo e dimensão da obra; nenhuma delas, entretanto causa qualquer agressão permanente ao meio ambiente. As atividades de recuperação são resumidas a seguir:

- a) sinalização: instalação e manutenção;
- b) desvio de tráfego;
- c) plataformas suspensas de trabalho;

- d) tratamento de trincas e fissuras;
- e) descascamento do pavimento com escarificadores;
- f) recomposição parcial do pavimento com argamassa enriquecida por microsilica, acrílico, látex ou epóxi;
- g) demolição e remoção de pavimento de concreto;
- h) recomposição do pavimento com concreto fck = 30 MPa;
- i) jateamento de areia;
- j) jateamento de água;
- k) corte de concreto;
- l) concreto fck = 30 MPa;
- m) concreto projetado, fck = 30 MPa;
- n) pintura hidrofugante;
- o) limpeza de superfícies: escovação e aplicação de solução diluída de ácido;
- p) injeção de epóxi;
- q) os materiais, provenientes de tratamentos ou excedentes de qualquer natureza, imediatamente após a conclusão das obras, devem ser removidos para locais previamente determinados.

9 Inspeção

Os serviços de recuperação de patologias são, em geral, artesanais, mas com necessidade de utilização de equipamentos leves.

Entretanto, como todas as atividades, em maior ou menor escala, dependem de decisões e orientações de profissionais experientes, a presença e o acompanhamento constantes de um engenheiro capacitado é indispensável.

10 Condições de conformidade e não conformidade

A presença e o acompanhamento constantes de um engenheiro experiente, praticamente eliminam a possibilidade de serviços não-conformes; detectada sua existência, eles devem ser refeitos antes do prosseguimento dos serviços.

11 Critérios de medição

Os serviços, diferenciados e nem sempre concomitantes em uma mesma obra, previamente avaliados por um Projeto, resultante de uma Inspeção, devem ser medidos por etapas, conforme indicado a seguir:

- a) sinalização: instalação, operação e manutenção:
 - sinalização horizontal e vertical: cada serviço com sua unidade, de acordo com o SICRO 2;
 - sinalização semafórica: por mês
- b) desvio de tráfego: cada serviço com sua respectiva unidade de acordo com o SICRO 2;
- c) plataformas suspensas de trabalho: por m²
- d) tratamento de trincas e fissuras: por m;
- e) descascamento do pavimento com escarificadores, inclusive remoção: por m²;
- f) recomposição parcial do pavimento com argamassa enriquecida por microsíllica, acrílico, látex ou epóxi: por m³;
- g) demolição e remoção de pavimento de concreto: por m³;
- h) recomposição do pavimento com concreto fck = 30 MPa: por m³;
- i) jateamento de areia: por m²;
- j) Jateamento de água: por m²;
- k) Corte de concreto: por m³;
- l) concreto fck = 30 MPa: por m³;
- m) concreto projetado, fck = 30 MPa: por m³ aplicado;
- n) pintura hidrofugante: por m²;
- o) limpeza de superfícies: escovação e aplicação de solução diluída de ácido: por m².

Índice Geral

Abstract	1	Fissuração provocada por ações físicas 6.4.....	6
Ataque por sulfato 7.5.1	7	Hidratação de MgO CaO cristalinos 7.5.3.....	8
Ataques químicos por soluções contendo sais de magnésio 7.3	7	Índice geral	10
Classificação das causas das patologias 3	2	Inspeção 9.....	8
Condições de conformidade e não conformidade 10	8	Manejo ambiental 8.....	8
Considerações gerais 5.1	4	Objetivo 1.....	1
Considerações particulares 5.2	4	Prefácio	1
Critérios de medição 11	9	Reação álcali-agregado ou reação álcali-sílica 7.5.2.....	7
Definições e condições gerais dos desgastes superficiais 4.1	3	Reações envolvendo a formação de produtos expansivos 5.2.3; 7.5.....	5; 7
Definições e considerações gerais da fissuração 4.2	3	Reações envolvendo hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento endurecido: eflorescência 5.2.2; 7.4.....	5; 7
Deterioração do concreto por ação do fogo 6.5	6	Reações com formação de sais de cálcio insolúveis e não expansivos 7.2.....	7
Deterioração do concreto por ações físicas 4	3	Reações com formação de sais solúveis de cálcio 7.1.....	6
Deterioração do concreto por reações químicas 5	4	Reações por troca de cátions 5.2.1.....	4
Desgaste superficial devido à abrasão 4.1.1; 6.1	3;6	Recuperação de elementos deteriorados por ações físicas 6.....	6
Desgaste superficial devido à cavitação 4.1.3; 6.3	3;6	Recuperação de elementos deteriorados por reações químicas 7.....	6
Desgaste superficial devido à erosão 4.1.2; 6.2	3;6	Referências bibliográficas 2.2.....	2
Fissuração devida à ação de temperaturas extremas 4.2.4	4	Referências normativas 2.1.....	2
Fissuração devida à carga estrutural 4.2.3	4	Referências normativas e bibliográficas 2.....	2
Fissuração devida à gradientes normais de temperatura e umidade 4.2.1	3	Resumo	1
Fissuração devida à pressão de cristalização de sais nos poros 4.2.2	3	Sumário	1