



Publicação IPR - 737

**MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS**

2010

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

MINISTRO DOS TRANSPORTES
Dr. Paulo Sérgio Oliveira Passos

DIRETOR GERAL DO DNIT
Luiz Antonio Pagot

DIRETOR EXECUTIVO DO DNIT
Eng.^o José Henrique Coelho Sadok de Sá

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Eng.^o Chequer Jabour Chequer

MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

EQUIPE TÉCNICA:

Eng.º José Luís Mattos Britto Pereira
(Coordenador)

Eng.ª Maria Lúcia Barbosa de Miranda
(Supervisora)

Eng.º Wanderley Guimarães Correa
(Consultor)

Téc.º Luiz Carlos Aurélio
(Técnico em Informática)

Téc.ª Carolina L. de Carvalho
(Técnica em Informática)

Téc.ª Célia de Lima M. Rosa
(Técnica em Informática))

COMISSÃO DE SUPERVISÃO

Eng.º Gabriel de Lucena Stuckert
(DNIT / DIREX / IPR)

Eng.º Pedro Mansour
(DNIT / DIREX / IPR)

Eng.º Elias Salomão Nigri
(DNIT / DIREX / IPR)

COLABORADORES

Eng.º Jorge Nicolau Pedro
(DNIT / DIREX / IPR)

Eng.º Arjuna Sierra
(DNIT / DIREX / IPR)

Bibl.ª Tânia Bral Mendes
(DNIT / DIREX / IPR)

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

Manual de recuperação de pavimentos rígidos - Rio de Janeiro, 2010.

140p. (IPR. Publ., 737).

1. Rodovias - Manutenção e reparos - Manuais.

2. Pavimento de concreto. I. Série. II. Título.

CDD 625.760202

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Publicação IPR 737

MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

RIO DE JANEIRO
2010

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Rodovia Presidente Dutra, km 163 – Vigário Geral
Cep.: 21240-000 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 3545-4504
Fax.: (21) 3545-4482/4600

e-mail.: ipr@dnit.gov.br

TÍTULO: MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Elaboração: DNIT / ENGESUR
Contrato: DNIT / ENGESUR 264 / 2007 – DIREX

Aprovado pela Diretoria Colegiada do DNIT em 08 / 06 / 2010

Processo Administrativo: 50607.000466/2010-34

APRESENTAÇÃO

A elaboração do Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos vem suprir uma lacuna bastante solicitada pela comunidade rodoviária nacional, no que tange à documentação técnica voltada à pavimentação rígida.

Em 2004 editou o DNIT uma documentação normativa direcionada à reabilitação dos pavimentos rígidos, documentação esta resultante de procedimentos de revisão de normas técnicas integrantes do antigo Manual de Pavimentos Rígidos, abrangendo as seguintes normas técnicas: DNIT 060/2004-PRO - Pavimentos rígidos – Inspeção visual – Procedimento; DNIT 061/2004-TER - Pavimentos rígidos – Defeitos – Terminologia; DNIT 062/2004-PRO - Pavimentos rígidos – Avaliação objetiva – Procedimento; DNIT 063/2004-PRO - Pavimentos rígidos – Avaliação subjetiva – Procedimento e DNIT 067/2004-ES - Pavimentos rígidos – Reabilitação – Especificação de serviço.

A esta documentação normativa vem agora se juntar o Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos, de modo a consolidar a conceituação e o tratamento das questões desta natureza.

No Manual são ainda conceituadas as principais expressões voltadas à manutenção dos pavimentos rígidos, definindo-se adequadamente as diversas intervenções a que o pavimento rígido possa ser submetido, após a sua construção inicial.

São abordados os seguintes temas principais: tipologia dos defeitos e suas causas; procedimentos para o cálculo do ICP; defeitos recuperáveis e irrecuperáveis; procedimentos de reparos e recuperação de pavimentos rígidos.

Assim, o Manual se apresenta como um elemento de auxílio no diagnóstico da patologia de pavimentos rígidos, na composição dos enfoques dos projetos de recuperação e na adoção de procedimentos adequados no controle de qualidade das ações de manutenção de pavimentos rígidos.

Engº Civil CHEQUER JABOUR CHEQUER
Gerente de Projeto – DNIT
Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

ARI – Cimento de alta resistência inicial

ASTM – American Society for Testing and Materials

C C P – Concreto de cimento Portland

CBR – California Bearing Ratio – Índice de Suporte Califórnia

CERL – Construction Engineering Research Laboratory

CVD – Valor dedutível

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ES – Especificação de serviço

FWD – Falling Weight Deflectometer

ICP – Índice de Condição do Pavimento

IP – Índice de Perfil

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

ME – Método de ensaio

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

PCA – Portland Cement Association

PRO – Procedimento

PSI – Índice de serventia atual

PSR – Taxa de serventia atual

TER – Terminologia

USP – Universidade de São Paulo

VDC – Valor dedutível corrigido

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Fissuras	28
Figura 2 – Fissura de canto	29
Figura 3 – Placa dividida	29
Figura 4 – Escalonamento ou degrau nas juntas	30
Figura 5 – Esborcinamento ou quebra de canto	32
Figura 6 – Esborcinamento de juntas	33
Figura 7 – Placa bailarina.....	34
Figura 8 – Escalonamento ou degrau nas juntas	36
Figura 9 – Recuperação das juntas – resselagem.....	75
Figura 10 – Pintura com resina fluida.....	77
Figura 11 – Tratamento das fissuras	78
Figura 12 – Placa bailarina.....	85
Figura 13 – Detalhe da metodologia “A” de reparo de fissuras transversais.....	88
Figura 14 – Detalhe da metodologia “B” de reparo de fissuras transversais.....	89
Figura 15 – Reparo interior da placa.....	91
Figura 16 – Reparo tangenciando a borda transversal da placa.....	93
Figura 17 – Reparo tangenciando a borda transversal e a borda longitudinal da placa.....	94
Figura 18 – Reparo tangenciando as bordas longitudinais da placa	95
Figura 19 – Reparo localizado no interior da placa, abrangendo toda a sua largura	96
Figura 20 – Reparo que abrange toda a largura da placa, tangenciando a borda transversal	97
Figura 21 – Seções transversais típicas de pavimentos superpostos de concreto (a) não aderente; (b) semiaderente; (c) aderente	107
Figura 22 – Seção transversal típica de pavimento superposto de concreto, quando o alargamento é menor do que a largura de uma faixa normal de tráfego	112
Figura 23 – Seção transversal típica de pavimento superposto de concreto, quando o alargamento é igual a largura de uma faixa normal de tráfego	113

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FOTOS

Foto 1 – Alçamento de placas	28
Foto 2 – Fissura de canto	29
Foto 3 – Placa dividida.....	30
Foto 4 – Quebra de canto	33
Foto 5 - Esborcinamento de juntas.....	33
Foto 6 – Placa bailarina.....	34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TABELAS

Tabela 1 – Defeitos típicos dos pavimentos.....	50
Tabela 2 – Conceitos dos pavimentos em função do ICP	52
Tabela F.1 – Localização das estações de ensaio.....	129

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Apresentação	5
Lista de símbolos e abreviaturas	7
Lista de ilustrações – Figuras	9
Lista de ilustrações – Fotos	11
Lista de ilustrações – Tabelas	13
Sumário	15
1. Introdução	21
2. Tipologia dos defeitos e suas causas	25
2.1. Considerações gerais	27
2.2. Relação dos principais defeitos nos pavimentos rígidos	28
2.3. Causas dos principais tipos de defeitos	35
3. Procedimentos para o cálculo do ICP	43
3.1. Introdução.....	45
3.2. Levantamento preliminar de dados	45
3.3. Inspeção no pavimento.....	46
3.3.1. Definição dos trechos a serem inspecionados.....	46
3.3.2. Amostragem	46
3.4. Tipos de defeitos	49
3.5. Determinação do ICP	51
3.6. Avaliação do pavimento.....	53
3.7. Considerações finais.....	53
4. Defeitos nos pavimentos de concreto (defeitos recuperáveis e irre recuperáveis).....	55
4.1. Introdução.....	57
4.2. Origem dos defeitos	57
4.2.1. Deficiências nas investigações e estudos preliminares	57
4.2.2. Deficiências de projeto.....	58
4.2.3. Deficiências executivas	60
4.2.4. Deficiências na operação do pavimento.....	62

4.3. Grau de severidade dos defeitos.....	63
4.4. Defeitos críticos quanto à segurança e desempenho do pavimento	63
4.5. Defeitos recuperáveis	64
4.5.1. Descrição dos defeitos recuperáveis	64
4.5.2. Condições para que o defeito seja considerado como recuperável.....	65
4.6. Defeitos irre recuperáveis.....	66
4.6.1. Descrição dos defeitos irre recuperáveis.....	66
4.6.2. Justificativas para que o defeito seja identificado como irre recuperável.....	66
4.6.3. Delimitação do trecho a ser demolido.....	67
5. Procedimentos de reparos	69
5.1. Introdução.....	71
5.2. Relação dos defeitos.....	71
5.2.1. Defeitos que não requerem a remoção da placa.....	71
5.2.2. Defeitos que, dependendo da condição existente no pavimento, podem requerer ou não a remoção parcial da placa	72
5.2.3. Defeitos que requerem a remoção parcial ou total da placa e, eventualmente, o tratamento da fundação.....	72
5.3. Equipamentos.....	73
5.4. Procedimentos para a recuperação dos defeitos que não requerem a remoção da placa	74
5.4.1. Recuperação de juntas.....	74
5.4.2. Tratamento de fissuras	76
5.4.3. Defeitos existentes na superfície da placa.....	80
5.5. Procedimento para a recuperação dos defeitos que, dependendo da condição existente no pavimento, podem requerer ou não a remoção parcial da placa.....	84
5.5.1. Placa bailarina	85
5.5.2. Bombeamento e desnivelamento	86
5.6. Procedimentos para a recuperação de defeitos que requerem a remoção parcial ou total da placa e, eventualmente, o tratamento da fundação.....	87
5.6.1. Fissuras transversais de abertura superior a 1,0 mm, ou seriamente esborcinadas.....	87
5.6.2. Reparo no interior da placa	90
5.6.3. Reparo tangente a borda da placa, sem abranger toda a largura	92
5.6.4. Reparo que abrange toda a largura da placa	95

5.6.5. Fissuras de canto	97
5.7. Método de reconstituição total da placa	97
5.8. Tratamento da fundação.....	98
6. Recuperação de pavimentos rígidos	101
6.1. Introdução	103
6.2. Avaliação da condição estrutural e funcional do pavimento existente	104
6.3. Tipos de recapeamento com pavimento de concreto	105
6.3.1. Pavimento superposto sem aderência	105
6.3.2. Pavimento superposto com aderência parcial	105
6.3.3. Pavimento superposto com aderência total.....	105
6.4. Dimensionamento da espessura do pavimento superposto	107
6.4.1. Espessura e condição estrutural do pavimento existente	108
6.4.2. Espessura fictícia do pavimento equivalente	108
6.4.3. Grau de aderência.....	108
6.4.4. Espessura do pavimento superposto aderido	108
6.4.5. Espessura do pavimento superposto semiaderido e não aderido	109
6.5. Projeto de juntas no pavimento superposto.....	110
• Anexos	115
Anexo A: Determinação do número mínimo de amostras (n).....	117
Anexo B: Ficha de inspeção – Exemplo	118
Anexo C: Valor dedutível corrigido.....	119
Anexo D: Modelo de formulário para levantamento de dados e avaliação de pavimento rígido para escolha do procedimento de recuperação deste pavimento ..	120
Anexo E: Ensaio para determinação da bacia de deflexão no pavimento pelo Dynaflect	124
Anexo F: Ensaio para determinação das bacias de deflexão no pavimento pelo Falling Weight Deflectometer – FWD	127
Anexo G: Controle da irregularidade longitudinal.....	134
Referências bibliográficas	137

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Ao providenciar a elaboração do Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos, procurou o DNIT suprir uma lacuna bastante solicitada pela comunidade rodoviária nacional, no que tange à documentação técnica voltada à pavimentação rígida.

Em 2004 editou o DNIT uma documentação normativa direcionada à reabilitação dos pavimentos rígidos, documentação esta resultante de procedimentos de revisão de normas técnicas integrantes do antigo Manual de Pavimentos Rígidos. São as seguintes estas normas técnicas:

DNIT 060/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Inspeção visual – Procedimento;

DNIT 061/2004-TER – Pavimentos rígidos – Defeitos – Terminologia;

DNIT 062/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Avaliação objetiva – Procedimento;

DNIT 063/2004-PRO – Pavimentos rígidos – Avaliação subjetiva – Procedimento;

DNIT 067/2004-ES – Pavimentos rígidos – Reabilitação – Especificação de serviço.

A esta documentação normativa vem agora se juntar este Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos, de modo a consolidar a conceituação e o tratamento das questões desta natureza.

O Manual se apresenta como um elemento de auxílio no diagnóstico da patologia de pavimentos rígidos, na composição dos enfoques dos projetos de recuperação e na adoção de procedimentos adequados no controle de qualidade das ações de manutenção de pavimentos rígidos.

No Manual são ainda conceituadas as principais expressões voltadas à manutenção dos pavimentos rígidos, definindo-se adequadamente as diversas intervenções a que o pavimento rígido possa ser submetido, após a sua construção.

O Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos foi desenvolvido, abordando os seguintes temas principais:

- Tipologia dos defeitos e suas causas;
- Procedimentos para o cálculo do ICP;
- Defeitos recuperáveis e irrecuperáveis;
- Procedimentos de reparos;
- Recuperação de pavimentos rígidos.

Na “Tipologia dos defeitos e suas causas”, observou-se o que dispõe a Norma DNIT 061/2004-TER - Defeitos nos pavimentos rígidos – Terminologia.

Nos “Procedimentos para cálculo do ICP”, observou-se o que dispõe a Norma DNIT 062/2004-PRO - Avaliação objetiva de pavimentos rígidos – Procedimento, introduzindo-se a avaliação dos pavimentos de pequenos trechos, tais como postos de pedágio e de pesagem e trechos curtos de rodovias.

Nos “Defeitos de pavimentos de concreto” (Defeitos Recuperáveis e Irrecuperáveis), foram consolidados os conceitos sobre a recuperação de placas ou a sua demolição parcial ou total, definindo os defeitos recuperáveis e aqueles que não podem ser recuperados.

Nos “Procedimentos de reparos”, foram incluídos os procedimentos de recuperação de defeitos, tais como a recuperação de placa bailarina, de buracos, o rejuvenescimento superficial de pavimentos e a recuperação de cantos esborcinados, procedendo-se a uma análise mais precisa das causas que deram origem a estes defeitos. Quanto à fissuração, foi feita uma análise mais ampla das causas destes defeitos, introduzindo-se aspectos relacionados com deficiências nos projetos geométricos, que causam restrição à livre movimentação das placas, engessamento de juntas de contração, colagem de concreto nas juntas e outros. Nas placas a serem parcial ou totalmente demolidas, foram indicados os cuidados que devem ser tomados na reconstrução das mesmas, para a sua abertura rápida ao tráfego.

Na “Recuperação de pavimentos rígidos”, foram detalhadas as metodologias de projetos e execução de pavimentos superpostos, empregando pavimento de concreto simples e de concreto armado.

2. TIPOLOGIA DOS DEFEITOS E SUAS CAUSAS

2. TIPOLOGIA DOS DEFEITOS E SUAS CAUSAS

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nesta seção, é apresentada uma nomenclatura padronizada para os diversos tipos de defeitos que geralmente ocorrem em pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland, segundo o disposto na Norma DNIT 061/2004 – TER – Defeitos nos pavimentos rígidos – Terminologia.

Os defeitos mais comuns nos pavimentos rígidos estão normalmente associados ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados, aliados à ausência de uma manutenção rotineira requerida por esse tipo de estrutura.

A experiência tem mostrado que a maioria destes tende a se agravar com o decorrer do tempo.

Nos pavimentos rígidos tem sido mais frequente a ocorrência de defeitos localizados, associados a uma ou várias causas específicas, ao invés da degradação uniforme de todo um trecho construído, decorrente de deficiências de projeto ou de um processo de fadiga do concreto, nas proximidades do final da vida útil do pavimento.

Para se garantir o funcionamento satisfatório de um pavimento rígido, é fundamental que seja permanentemente feito o controle da ocorrência destes defeitos, além do acompanhamento da sua evolução com o decorrer do tempo, executando-se prontamente os reparos que assegurem a manutenção da condição estrutural do pavimento.

Explicitamente, os principais fatores causadores da degradação de um pavimento rígido são:

Deficiência da capacidade de suporte da fundação;

Drenagem mal projetada ou mal executada;

Excesso de carga dos veículos comerciais;

Execução deficiente ou falta de manutenção do material selante das juntas.

A manutenção da selagem das juntas tem importância decisiva para a durabilidade do pavimento, devido aos selantes existentes no mercado possuírem uma vida útil muito curta em relação à prevista para o pavimento.

A destruição do material selante de uma junta de um pavimento rígido costuma abrir o caminho para as infiltrações, que atingem a fundação do pavimento, criando condições para o surgimento de diversos tipos de defeitos.

2.2. RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS DEFEITOS NOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

Os defeitos mais comuns que ocorrem em pavimentos rígidos, e a sua designação, são enumerados a seguir.

a) Alçamento de placas

Desnivelamento das placas nas juntas ou fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem e obstáculos fixos, tais como encontros de ponte, fundações de prédios ou intervenções feitas no pavimento (ver Figura 1 e Foto 1)

Figura 1 – Fissuras

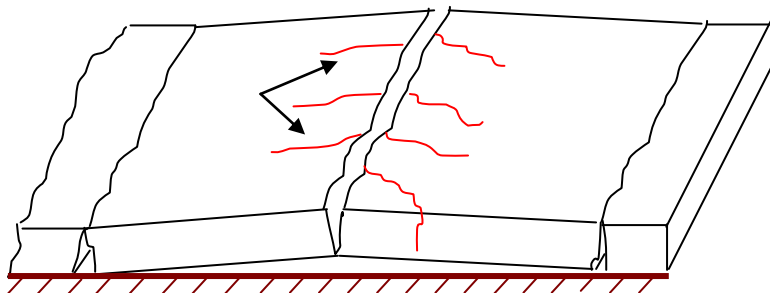
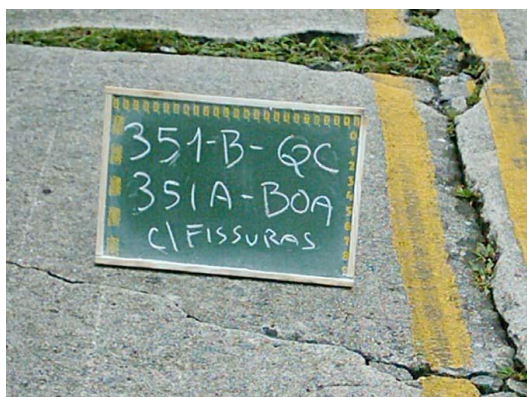


Foto 1 – Alçamento de placas



b) Fissura de canto

É a fissura que intercepta as juntas a uma distância de, no máximo, 1,8 m das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto (ver Figura 2 e Foto 2).

Esta fissura atinge toda a espessura da placa.

Figura 2 – Fissura de canto

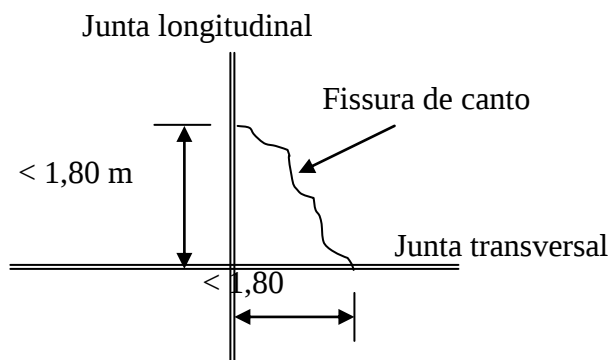


Foto 2 – Fissura de canto



c) Placa dividida

É a placa que apresenta fissuras, dividindo-a em quatro ou mais partes (ver figura 3 e foto 3)

Figura 3 – Placa dividida

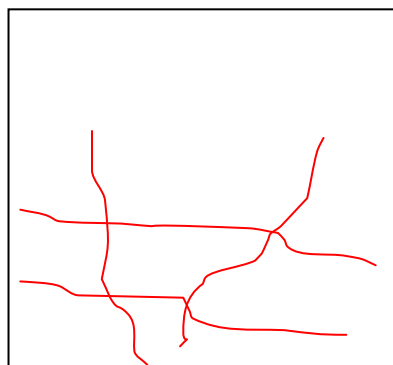


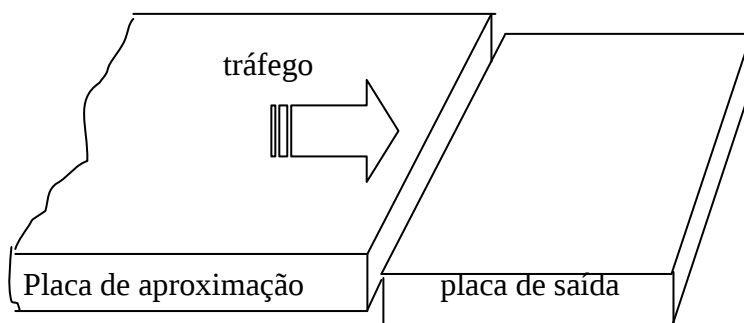
Foto 3 – Placa dividida



d) Escalonamento ou degrau nas juntas

Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta (ver Figura 4).

Figura 4 – Escalonamento ou degrau nas juntas



e) Falha na selagem das juntas

É qualquer avaria no selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta, ou que permita a infiltração de água. As principais falhas observadas no material selante são:

Má qualidade ou inadequabilidade do material;

Rompimento, por tração ou compressão;

Extrusão do material;

Crescimento de vegetação;

Endurecimento (oxidação) do material;

Perda de aderência às placas de concreto;

Quantidade deficiente de selante nas juntas.

f) Desnível pavimento-acostamento

É o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

g) Fissuras lineares

São fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de "placa dividida".

Como fissuras lineares enquadram-se:

- Fissuras transversais, que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras longitudinais, que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras diagonais, que são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento, a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas.

h) Grandes reparos

Entende-se como "grande reparo" uma área do pavimento original maior que 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

i) Pequenos reparos

Entende-se como "pequeno reparo" uma área do pavimento original menor ou igual a 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

j) Desgaste superficial

Caracteriza-se pelo descolamento de argamassa superficial, fazendo com que os agregados graúdos aflorem na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida.

k) Bombeamento

Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes.

Os finos bombeáveis têm a forma de uma lama fluída, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas.

l) Quebras localizadas

São áreas das placas que se mostram trincadas e partidas, em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5 m).

m) Passagem de nível

São defeitos que ocorrem em passagens de nível, consistindo em depressões ou elevações próximas aos trilhos.

n) Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação

As fissuras superficiais (rendilhado) são fissuras capilares, que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam tendência a se interceptarem, formando ângulos de 120°.

A escamação caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo, no entanto, ser proveniente de outros defeitos, tais como o desgaste superficial.

o) Fissuras de retração plástica

São fissuras pouco profundas (superficiais), de pequena abertura (inferior a 0,5 mm) e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e elas se desenvolvem, formando ângulo de 45° a 60° com o maior eixo longitudinal da placa.

p) Esborcinamento ou quebra de canto

São quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto (ver Figura 5 e Foto 4).

Este defeito difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta num determinado ângulo (quebra em cunha), ao passo que a fissura de canto ocorre verticalmente em toda a espessura da placa.

Figura 5 – Esborcinamento ou quebra de canto

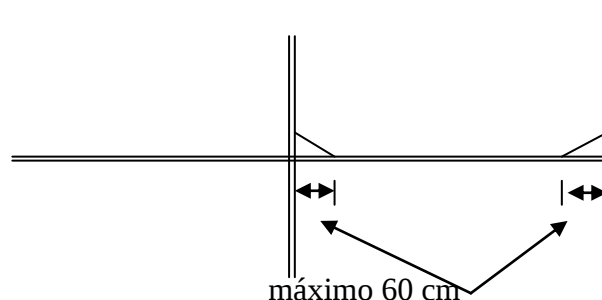


Foto 4 – Quebra de canto



q) Esborcinamento de juntas

O esborcinamento das juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa (ver Figura 6 e Foto 5).

Figura 6 – Esborcinamento de juntas

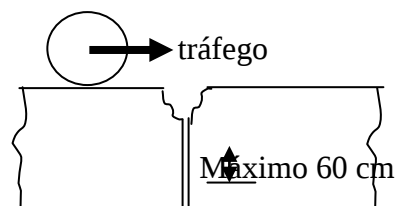


Foto 5 – Esborcinamento de juntas



r) Placa “bailarina”

É a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, como mostrado na Figura 7 e Foto 6.

Figura 7 – Placa bailarina

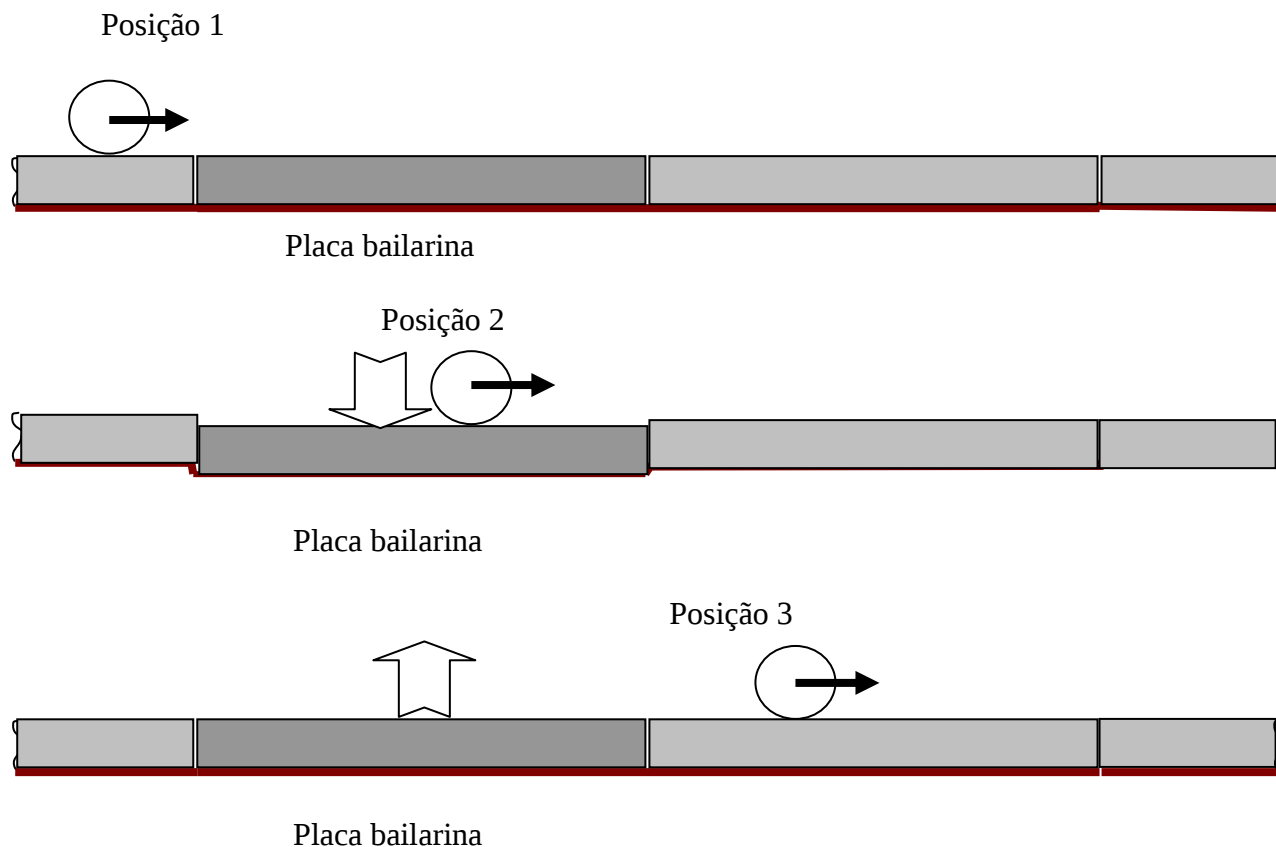
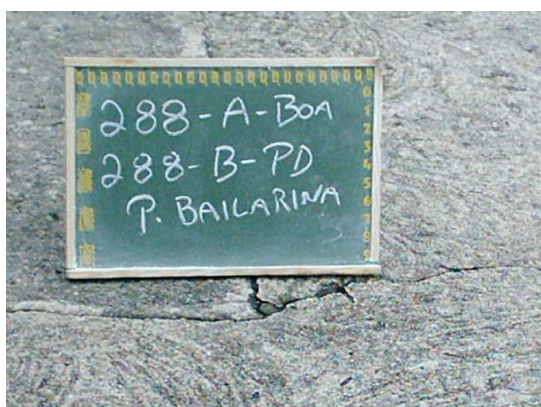


Foto 6 – Placa bailarina



s) Assentamento

Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo ocorrer que o pavimento permaneça íntegro.

t) Buracos

São reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, caracterizadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definida (ver causas na subseção 2.3).

2.3. CAUSAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE DEFEITOS

a) Alçamento de placas

A causa para este defeito é a expansão (dilatação) linear do pavimento, devida às variações sazonais de valor significativo, aliada à deficiência ou ausência de junta de dilatação nas placas adjacentes a obstáculos fixos, tais como canaletas de drenagem, encontros de ponte, fundações de prédios e outros.

b) Placa dividida

A divisão de uma placa em quatro ou mais partes se deve às fissuras que ocorrem nestas placas nos diversos sentidos (transversal, longitudinal e diagonal).

A causa deste defeito está relacionada com as causas que deram origem a estas fissuras.

Considerando a existência de várias fissuras, e em diversos sentidos, em uma mesma placa, isto pode ser decorrente das seguintes anomalias:

Deficiência no suporte da fundação do pavimento;

Subdimensionamento da espessura do pavimento;

Fadiga do concreto.

c) Escalonamento ou degrau nas juntas

O degrau que ocorre em uma junta é causado pela perda progressiva da eficiência nesta junta, que é definida como sendo a capacidade de uma placa transmitir uma carga à placa adjacente, sendo esta eficiência determinada pela expressão:

$$E (\%) = \frac{2 \times d'}{d + d'} \times 100$$

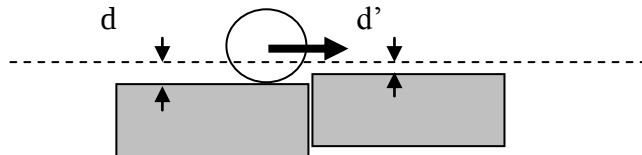
onde:

E - eficiência da junta

d - deslocamento vertical do lado carregado da junta, em mm

d' - deslocamento vertical do lado descarregado da junta, em mm (ver Figura 8).

Figura 8 – Escalonamento ou degrau nas juntas



A causa deste defeito costuma ser a falta ou deficiência dos dispositivos capazes de garantir esta transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta é executada por serragem.

Outra causa pode ser qualquer deficiência na sub-base ou o dimensionamento de placas de dimensões curtas, aliada à passagem de tráfego pesado e canalizado.

Além de reduzir o conforto e a segurança do tráfego e provocar danos nos veículos, estes degraus contribuem, de forma significativa, para a redução da vida útil do pavimento.

d) Falha na selagem das juntas

Este defeito tem sido o mais comum em pavimentos de concretos, sendo geralmente motivado pela execução deficiente da selagem, ou pela escolha de um material selante inadequado ou de baixa vida útil.

Os selantes à base de policloropreno, que geralmente são pré-moldados, são aqueles que apresentam maior vida útil, tendo o inconveniente do alto custo.

Na maioria dos casos são empregados selantes do tipo mastiques, à base de poliuretano, silicone ou simplesmente com misturas asfálticas, que são aplicados “in loco” e geralmente a frio.

O defeito mais comum tem sido o descolamento do mastique das bordas da junta, que pode ser decorrente da falta de aplicação de um “primer”, que é necessário para a maioria dos selantes disponíveis no mercado.

Outro defeito que ocorre tem sido a fissuração do material selante, que se pode apresentar sob a forma de pequenas fissuras ou, então, com fissuras maiores, geralmente no sentido longitudinal da junta.

Quando estas fissuras são pequenas, elas podem ser decorrentes da ação de raios ultravioletas, que incidem no material selante, quando ele ainda está em processo de cura e não recebe nenhuma proteção contra a ação destes raios.

As fissuras maiores podem ser decorrentes de esforços aplicados sobre o selante, pela passagem de veículos ou por vibrações, enquanto ele está ainda em processo de cura.

Admite-se que o tempo necessário de cura de um selante seja obtido pelo quociente da profundidade do selante (em mm) por 2,5 mm/dia, que é a taxa média de endurecimento do selante com a idade.

Desta forma, um selante aplicado em uma junta, tendo 10 mm de profundidade, que seria um caso mais comum, necessita de um período de cura de $10/2,5 = 4$ dias.

Durante este período de quatro dias, a partir da aplicação do selante, ele não deve estar sujeito a nenhuma das ações acima referidas.

e) Desnível pavimento - acostamento

As causas para este defeito são as mesmas citadas para os degraus nas juntas, alínea c.

f) Fissuras

As fissuras são descontinuidades que ocorrem na placa de concreto, que não são previstas no projeto do pavimento.

As causas que dão origem às fissuras podem ser:

- Fissuras transversais

Estas fissuras têm o sentido transversal da placa e são provocadas pela retração hidráulica ou por perda d'água.

Elas somente aparecem depois de o concreto ter endurecido, sendo que, para a sua formação, é necessário o dispêndio de uma grande energia, razão porque estas fissuras apresentam uma pequena abertura, que raramente ultrapassa 0,5 mm.

De uma maneira geral, estas fissuras costumam abranger toda a espessura da placa.

As causas prováveis para este tipo de fissura são:

Cura deficiente;

Atraso na serragem das juntas transversais;

Profundidade insuficiente do corte da junta;

Placas com comprimento acima do adequado para o tipo de agregado empregado no concreto, que geralmente varia de 5 a 7 m;

Insuficiência de suporte da fundação;

Subdimensionamento da espessura do pavimento.

Nas fissuras transversais localizadas próximas de uma junta transversal, as causas podem ser:

Ineficiência ou má colocação das barras de transferência;

Amarração do trecho engraxado das barras de transferência aos caranguejos de apoio destas barras;

Colagem do concreto novo de uma placa ao concreto antigo da placa adjacente, no caso de juntas executadas por meio de fôrmas.

- Fissuras longitudinais

São provocadas pelas seguintes causas:

Largura excessiva da placa (maior que 3,80 m);

Empenamento da placa no sentido transversal, com o levantamento das bordas longitudinais, devido a um elevado gradiente de temperatura e umidade entre a superfície superior e a inferior da placa, aliado à passagem de tráfego pesado sobre as bordas do pavimento;

Profundidade insuficiente do corte da junta longitudinal, no caso de pavimento com várias faixas de tráfego.

- Fissuras diagonais

São provocadas por deficiência no suporte da fundação, ou são oriundas da formação simultânea de fissuras transversal e longitudinal.

- Fissuras de canto

A ocorrência de fissuras de canto se deve a uma das seguintes causas:

Falta ou deficiência dos dispositivos de transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta for executada por serragem;

Subdimensionamento da espessura do pavimento;

Recalque diferencial da fundação do pavimento, devido à falta de uniformidade da capacidade de suporte desta fundação;

Empenamento dos cantos da placa, devido às variações térmicas e de umidade entre a superfície superior e a inferior da placa.

– Fissuras não direcionadas

A causa deste tipo de fissura é a retração plástica, que é aquela que ocorre no concreto antes do início da sua pega, sendo formada praticamente sem a necessidade de nenhuma energia, pois o concreto ainda não iniciou a sua fase de endurecimento, não tendo ainda nenhuma resistência.

Desta forma, devido às futuras deformações volumétricas a que o concreto será submetido (retração hidráulica por perda d'água ou retração térmica), estas fissuras tendem a apresentar uma grande abertura, que pode ultrapassar a 0,5 mm.

Devido às dimensões da placa de concreto, onde a superfície exposta prepondera em relação ao volume, é praticamente descartada a possibilidade da ocorrência da retração térmica em pavimentos.

Muitas vezes, quando a evaporação da água do concreto, depois de terminado o acabamento do pavimento, é muito rápida, estas fissuras podem ser inúmeras e esparsas, formando um rendilhado (*crazy cracks*), sendo preponderantemente superficiais e de aberturas bem insignificantes.

A causa deste tipo de fissura é a execução do pavimento em ambiente de muita insolação, ação de ventos e baixa umidade relativa do ar.

Elas são, às vezes, perceptíveis a olho nu durante a concretagem, como também podem não ser logo observadas, aparecendo depois, quando o concreto iniciar a sua fase de endurecimento.

Para evitar este tipo de fissura, o pavimento, quando executado em condições ambientais adversas, deve ser protegido contra a insolação por coberturas ou pela formação de neblina artificial (*fog spray*), para evitar a evaporação da água de mistura do concreto, enquanto está sendo executado o pavimento.

Outras causas para este tipo de fissura são problemas relacionados com os aditivos empregados no concreto (qualidade ou superdosagem), que podem retardar demasiadamente a pega do concreto, agravando as consequências da retração plástica.

g) Desgaste superficial

O desgaste superficial do pavimento, bem como a sua escamação e o lasqueamento, são provocados pelas seguintes causas:

Emprego de concreto de baixa qualidade;

Emprego de agregados sujos ou com pó aderente;

Excesso de água de mistura no concreto;

Concreto com exsudação elevada por deficiência de finos;

Descolamento da pasta ou argamassa de cobrimento, devido ao acúmulo de água na superfície do pavimento depois do seu acabamento, que costuma ser evitado pela raspagem da superfície do concreto;

Este tipo de defeito tende a progredir, tornando o pavimento desconfortável ao tráfego, além de originar a formação de buracos no pavimento.

h) Bombeamento

A expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes, provoca inicialmente o amolecimento da fundação e posteriormente o descalçamento das placas que cobrem a área afetada.

Com o suporte da fundação tornando-se deficiente, as placas sofrem maiores tensões de tração com a passagem do tráfego, acima daquelas que foram consideradas no dimensionamento do pavimento, o que acelera o processo de fadiga do concreto e provoca a sua ruptura precoce.

O bombeamento pode ser, também, decorrente da ausência de uma sub-base ou pela sua execução de modo inadequado, além da ausência da colocação de lençol de plástico entre a placa e a sub-base.

i) Passagem de nível

As depressões ou elevações próximas aos trilhos, que ocorrem em passagens de nível, são decorrentes de projeto inadequado ou de uma execução deficiente do pavimento neste local.

j) Esborcinamento ou quebra de canto

As quebras e esborcinamento de cantos e bordas são decorrentes da retirada das fôrmas nestes locais de maneira brusca, ou com o concreto tendo ainda uma resistência baixa.

Podem, também, ser devidas a uma utilização imprópria dos veículos pesados, quando eles trafegam fora das trilhas consideradas no projeto.

k) Esborcinamento de juntas

O esborcinamento nas juntas pode ter como causas:

Remoção precipitada das fôrmas;

Serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada;

Infiltração de materiais incompressíveis na junta, quando ela está muito aberta (em tempo frio), que posteriormente irão comprimir as bordas da junta, quando o tempo se tornar quente e as juntas se fecharem.

l) Placa “bailarina”

A movimentação vertical da placa sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, tem como causas as perdas localizadas ou generalizadas de suporte da fundação, aliadas à existência de juntas ineficientes e à ação do tráfego pesado e canalizado.

Este defeito costuma progredir com o tempo, acarretando o surgimento de trincas e fissuras na placa, além de facilitar o bombeamento.

m) Assentamento

Este defeito pode ser decorrente das seguintes causas:

Deficiência ou falta de uniformidade no suporte da fundação;

Projeto ou execução deficiente da sub-base.

No caso da execução de pavimento com fôrmas trilho, fôrmas deslizantes ou utilizando dispositivos de apoio das placas vibratórias, as saliências e depressões podem ser decorrentes das ondulações dos locais onde se apoiam estes dispositivos ou equipamentos de vibração e acabamento, devido a estas ondulações serem transmitidas para o pavimento.

n) Buracos

As reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa são oriundas da progressão de outros defeitos já existentes, como as fissuras profundas e generalizadas, escamação, lasqueamento, desgaste superficial, bem como o emprego de concreto de baixa qualidade.

3. PROCEDIMENTOS PARA O CÁLCULO DO ICP

3. PROCEDIMENTO PARA O CÁLCULO DO ICP

3.1. INTRODUÇÃO

Para se avaliar de uma maneira objetiva a condição estrutural de um pavimento rígido em um determinado instante, deve-se determinar o Índice de Condição deste Pavimento - ICP.

Este índice é um número obtido a partir do levantamento dos defeitos observados em toda a extensão, ou apenas em um determinado trecho de um pavimento, e do grau de severidade destes defeitos.

Por meio do conhecimento deste índice, pode o DNIT estabelecer a estratégia ou política de manutenção, prevenção e de recuperação.

Geralmente, os pavimentos ou trechos de pavimentos que apresentam ICP igual ou maior que 70 não necessitam de um programa imediato de recuperação, ao passo que aqueles com ICP menor que 40 são considerados deficientes ou praticamente já destruídos.

Nos pavimentos com ICP entre 40 e 70, devem ser recuperados os defeitos mais graves observados em alguns trechos ou em todo o pavimento, recuperação esta que seja suficiente para elevar-se o ICP do pavimento para um valor igual ou superior a 70.

Na determinação do ICP, devem ser consultadas as seguintes Normas:

DNIT 060/2004 - PRO – Pavimento rígido - Inspeção visual – Procedimento;

DNIT 062/2004 - PRO – Pavimento rígido - Avaliação objetiva – Procedimento.

3.2. LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE DADOS

Antes da inspeção de um pavimento ou de um trecho deste pavimento, deve ser feito um levantamento histórico deste pavimento, procurando-se obter o maior número de informações sobre o projeto, construção, operação, reparos e reforços realizados.

As principais informações a serem levantadas são:

Espessura média das placas da pista e do acostamento;

Material empregado na sub-base e a espessura desta sub-base;

Resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) do concreto do pavimento (pista e acostamento), definida no projeto;

Data da entrega do pavimento ao tráfego;

Datas das recuperações anteriores realizadas em trechos do pavimento;

Evolução do tráfego de veículos comerciais, desde a época da construção até o momento da determinação do ICP.

3.3. INSPEÇÃO NO PAVIMENTO

Para a determinação do ICP do pavimento, a tarefa inicial é a realização de uma inspeção visual criteriosa em todo o pavimento, ou em trechos deste pavimento, para levantamento de defeitos ou outras anomalias existentes neste pavimento, associada às informações obtidas no levantamento inicial dos dados e naquelas contidas no cadastro documental da rodovia, quando ele for disponível.

O roteiro para esta inspeção está detalhado na Norma DNIT 060/2004 – PRO - Pavimento rígido – Inspeção visual – Procedimento.

Os aspectos relevantes desta inspeção são descritos nas subseções seguintes.

3.3.1. Definição dos trechos a serem inspecionados

A definição dos trechos da rodovia a serem inspecionados deve basear-se em dados sucintos de campo, nas informações de escritório ou do cadastro documental e em indícios que mostrem a necessidade da inspeção em determinados trechos, cabendo esta definição ao engenheiro responsável pela inspeção.

A inspeção pode ser feita em toda a extensão do pavimento, ou em alguns trechos selecionados deste pavimento, sendo este tipo de inspeção denominado de “inspeção por amostragem”.

A inspeção realizada em toda a extensão do pavimento, por ser muito dispendiosa em termos de pessoal e de tempo, deve ser adotada para rodovias de pequena extensão ou em pavimentos destinados a fins específicos, tais como postos de pedágio, de pesagem ou de arrecadação.

Outra situação que justifica uma inspeção em todo o pavimento é quando esta inspeção tiver por finalidade a realização de obras de recuperação, quando é necessário um levantamento exato da quantidade, tipos e extensão dos defeitos existentes.

Na inspeção por amostragem, que apresenta maior economia e mais rapidez, apenas são inspecionados determinados trechos do pavimento.

3.3.2. Amostragem

a) Amostra selecionada

O trecho escolhido para a inspeção, tanto no caso de a inspeção ser feita em todo o pavimento como no caso da inspeção ser feita por amostragem, deve ser dividido em partes denominadas de amostras, devendo cada amostra ser identificada por caracteres numéricos e composta, de preferência, por 20 placas, o que facilita os cálculos para a determinação do ICP.

Quando necessário, pode-se considerar uma amostra com mais de 20 placas, porém nunca com menos.

No caso de placas com mais de 9 (nove) metros de comprimento, deve-se considerá-las, imaginariamente, subdivididas por juntas em perfeitas condições, de tal modo que cada subdivisão não tenha mais do que 9 (nove) metros de comprimento.

Na inspeção realizada em toda a extensão do pavimento, devem ser levantados os defeitos de todas as amostras deste pavimento.

Quando a inspeção for por amostragem, somente algumas amostras do trecho são inspecionadas, sendo necessário que se estabeleça um número mínimo de amostras a serem inspecionadas, para que o resultado da inspeção tenha um elevado grau de confiabilidade.

Este número mínimo (n) é obtido por meio de uma equação, que é função do número total de amostras do trecho (N), do erro admissível ($\pm e$) e do desvio padrão (S) da média dos resultados individuais do Índice de Condição do Pavimento, isto é:

$$n = \frac{NS^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + S^2}$$

Essa equação garante, com 95% de confiança de que o erro na avaliação, baseado nos dados coletados na inspeção, estará dentro da faixa admissível ($\pm e$).

No gráfico do Anexo A deste Manual, são apresentadas as curvas que permitem a obtenção imediata de (n), para um erro admissível (e) de $\pm 5\%$, desde que sejam conhecidos os valores de (N) e de (S).

Recomenda-se que inicialmente sejam adotados para (S) valores entre 8 e 14, sendo $S = 10$ uma boa estimativa.

É aconselhável, também, que seja efetuado o cálculo do desvio padrão (S) para as primeiras amostras inspecionadas, com o objetivo de verificar se o valor inicialmente adotado foi adequado.

O número de amostras (n) a serem inspecionadas em um trecho não deve ser menor do que 5 (cinco).

A seleção das amostras para inspeção deve ser aleatória, cabendo ao engenheiro responsável a escolha do método que garanta essa aleatoriedade.

Para se obter uma maior representatividade da amostragem escolhida aleatoriamente, recomenda-se que, no caso do número (N) de amostras de um trecho ser igual ou maior do que 10, seja utilizado o método de "amostragem sistemática".

Este método consiste em selecionar as amostras com um espaçamento constante, sendo que apenas a primeira amostra (amostra inicial) é determinada aleatoriamente.

O valor do espaçamento (i) é obtido pela relação "N/n", aproximando-se o resultado para o número inteiro imediatamente inferior, onde:

N = total de amostras contidas no trecho;

n = número mínimo de amostras a serem inspecionadas.

A amostra inicial é determinada aleatoriamente no intervalo [1:i], sendo as demais amostras obtidas pelo acréscimo sucessivo do valor "i".

Exemplo prático:

Considera-se um trecho com 25 amostras numeradas:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Ao entrar no gráfico do Anexo A com N=25, e admitindo-se um desvio padrão S=10, encontra-se para "n" o valor igual a 10.

O procedimento subsequente é o seguinte: Determina-se inicialmente o valor do espaçamento (i) entre as amostras, sendo o valor de (i) igual ao número inteiro imediatamente inferior ao resultado obtido de N/n.

Assim, tem-se:

$$\frac{N}{n} = \frac{25}{10} = 2,5 \therefore i = 2$$

Obtêm-se aleatoriamente, no intervalo [1:i], a amostra inicial.

No exemplo considerado, o intervalo [1:i] da amostra inicial é o intervalo [1:2], podendo a amostra inicial ser a nº 1 ou a nº 2.

Se for escolhida a amostra nº 2, chega-se às demais, acrescentando-se sucessivamente, o valor de i=2.

	2		4		6		8		10		12		14		16		18		20		22		24	
--	---	--	---	--	---	--	---	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--

Desta forma, foram selecionadas 12 (o mínimo eram 10 amostras), distribuídas ao longo de todo o trecho a ser inspecionado, o que garante a representatividade da amostragem.

b) Amostra adicional

Amostra adicional é a amostra na qual ocorrem defeitos atípicos no pavimento, que podem acontecer onde existem passagens de nível, canaletas de drenagem, caixas de inspeção, bueiros ou em qualquer outra interrupção do pavimento.

Quando um defeito atípico ocorrer em uma amostra selecionada, ela passa a ser considerada como sendo atípica.

Para cada amostra adicional existente no trecho, deve ser escolhida aleatoriamente outra amostra selecionada.

3.4. TIPOS DE DEFEITOS

Na inspeção no pavimento para a determinação do ICP, os defeitos considerados típicos devem ser numerados como indicado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Defeitos típicos dos pavimentos

Defeito N°	TIPO
1	Alçamento de placa (Blow-up)
2	Fissuras de canto
3	Placa dividida
4	Escalonamento ou degrau nas juntas
5	Defeito na selagem das juntas
6	Desnível pavimento – acostamento
7	Fissuras lineares
8	Grandes reparos (área > 0,45m ²)
9	Pequenos reparos (área ≤ 0,45m ²)
10	Desgaste superficial
11	Bombeamento
12	Quebras localizadas
13	Passagem de nível
14	Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação
15	Fissuras de retração plástica
16	Esborcinamento ou quebra de canto
17	Esborcinamento de juntas
18	Placa bailarina
19	Assentamento
20	Buracos

Cada tipo de defeito pode apresentar um determinado grau de severidade, sendo estes graus classificados conforme a dimensão do defeito, a sua condição ou conforme a maneira como ele afeta o conforto, segurança e escoamento do tráfego.

Estes graus de severidade são classificados em:

- a) **Baixo (B):** o defeito causa um baixo desconforto de rolamento;
- b) **Médio (M):** o defeito causa um médio desconforto de rolamento, sem causar prejuízo ao tráfego;
- c) **Alto (A):** o defeito compromete a segurança de rolamento e provoca interrupções no escoamento do tráfego, devendo ser imediatamente reparado.

Durante a inspeção, deve-se anotar em cada placa da amostra o número do defeito, seguido do seu grau de severidade.

Assim, por exemplo, o defeito 10 B existente em uma placa é um desgaste superficial com grau de severidade B.

3.5. DETERMINAÇÃO DO ICP

Disposições iniciais

Quando uma amostra de pavimento não possui nenhum defeito visível, ela tem um ICP igual a 100.

Um determinado tipo de defeito e seu respectivo grau de severidade podem afetar uma ou várias placas da amostra, reduzindo desta forma o seu ICP, que se tornará menor que 100.

O número de placas afetadas por este tipo de defeito e respectivo grau de severidade, quando relacionado com o total de placas da amostra, indica um porcentual, que é designado como “densidade de defeitos” da placa.

O cálculo do ICP de um pavimento segue o seguinte modelo matemático:

$$ICP = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q)$$

Em que:

ICP = Índice de Condição do Pavimento;

A = valor dedutível, dependente do tipo do defeito (**T_i**), do grau de severidade (**S_j**) e da densidade de defeitos (**D_{ij}**);

i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número total de placas defeituosas;

mi = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

F (t,q) = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos, que varia com o valor dedutível somado (t) e o número de deduções (q).

Na Seção 6 do Anexo A (Normativo) da Norma DNIT 062/2004-PRO, apresentam-se gráficos para cada tipo de defeito e grau de severidade, que relacionam a densidade de defeitos com o valor dedutível (CVD).

No Anexo B deste Manual, apresenta-se um modelo de Ficha de Inspeção já preenchida, que exemplifica a determinação do ICP e do conceito a ser dado à qualidade do pavimento de uma determinada amostra.

O procedimento para o preenchimento desta ficha e o cálculo do ICP é apresentado a seguir:

- O somatório dos valores deduzíveis de todos os defeitos e respectivos graus de severidade, existentes na amostra, dará o valor dedutível total;
- Este valor dedutível total deve ser corrigido, determinando-se o valor dedutível corrigido (VDC), sendo esta determinação feita da seguinte maneira:

Contam-se inicialmente quantos valores deduzíveis (CVD) são maiores que 5;

Esta quantidade de valores acima de 5 é designada pela letra “q”;

No gráfico do Anexo C deste Manual, existem curvas para diversos valores de “q”;

Entrando no gráfico para o valor de “q” encontrado e com o valor dedutível total, obtém-se o valor dedutível corrigido.

O ICP da amostra é a diferença entre 100 e o valor dedutível corrigido.

O conceito a ser dado à amostra do pavimento em função do ICP é apresentado na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Conceitos dos pavimentos em função do ICP

	Excelente	Muito Bom	Bom	Razoável	Ruim	Muito Ruim	Destruído	
CONCEITO								
	100	85	70	55	40	25	10	0

3.6. AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO

Se o tipo de inspeção utilizado foi em todo o pavimento, o valor do ICP do pavimento é a média aritmética dos valores dos ICP obtidos para as amostras deste pavimento.

Se a inspeção no trecho for por amostragem, podem ocorrer dois casos:

Se não houver amostras adicionais, o valor do ICP do trecho é a média aritmética dos ICP obtidos para as amostras deste trecho;

Se houver amostras adicionais inspecionadas, o ICP do trecho é obtido por meio da seguinte fórmula:

$$ICP_t = \frac{N - A}{N} ICP_1 + \frac{A}{N} ICP_2$$

onde:

ICP_t = ICP do trecho;

ICP₁ = ICP médio das amostras aleatórias;

ICP₂ = ICP médio das amostras adicionais;

N = número total de amostras do trecho;

A = número de amostras adicionais inspecionadas.

3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálculo do ICP é baseado nas informações contidas na Ficha de Inspeção.

O avaliador, após analisar todas as informações fornecidas pela inspeção visual e pelo cadastro documental da rodovia, pode discordar do conceito atribuído ao trecho, em função do ICP calculado.

Como a avaliação por meio da determinação do ICP é objetiva, sendo o ICP calculado da maneira apresentada neste Manual, deve o avaliador, nesse caso, justificar a alteração do conceito, devidamente consubstanciada.

4. DEFEITOS NOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

4. DEFEITOS NOS PAVIMENTOS DE CONCRETO (DEFEITOS RECUPERÁVEIS E IRRECUPERÁVEIS)

4.1. INTRODUÇÃO

Nesta seção, descrevem-se as origens dos defeitos que normalmente ocorrem nos pavimentos de concreto, os seus graus de severidade, especialmente daqueles considerados críticos quanto à segurança e ao desempenho do pavimento em serviço.

Em função destas condições, são relacionados os defeitos considerados recuperáveis, isto é, que não implicam na remoção parcial ou total da placa de concreto e aqueles considerados irrecuperáveis, cuja solução é a demolição da placa defeituosa e execução de uma nova placa de pavimento, incluindo, neste caso, aqueles que exigem também a remoção e recuperação da própria fundação do pavimento e da sua sub-base.

4.2. ORIGEM DOS DEFEITOS

Os defeitos que surgem nos pavimentos de concreto, que estão descritos na Norma DNIT 061/2004-TER, são decorrentes de deficiências, tanto no projeto como na sua execução, como também podem ser decorrentes de uma falta de manutenção permanente ou de uma operação inadequada.

4.2.1. Deficiências nas investigações e estudos preliminares

As investigações e os estudos preliminares realizados no trecho a ser pavimentado exercem grande importância na definição dos parâmetros de projeto e na definição dos métodos executivos.

Os principais aspectos que podem influir no comportamento do pavimento e na sua degradação, a partir das investigações e dos estudos preliminares, são:

a) Não determinação da capacidade de suporte do subleito e da sua uniformidade

Mediante uma investigação criteriosa das condições de suporte do subleito, com a realização de ensaios de prova de carga estática ou determinação do CBR ao longo de todo o trecho a ser pavimentado, adotando distâncias pequenas entre estas determinações, pode o projetista conhecer as condições de uniformidade deste suporte, que permitirá a definição do tipo e da espessura da sub-base mais adequada a cada subtrecho e, conseqüentemente, da necessidade ou não de se ter uma variação na espessura da placa de concreto.

b) Estudos incompletos de agregados

Os estudos mais importantes a serem realizados nos agregados, são aqueles referentes ao desempenho inadequado destes em presença do cimento e da umidade.

Alguns materiais empregados na execução de concretos apresentam falta de estabilidade nestas condições, apresentando expansões deletérias em longo prazo, que podem causar uma fissuração generalizada no pavimento e, posteriormente, a sua total destruição.

Os ensaios destinados a verificar estas anomalias são os ensaios de reatividade com os álcalis do cimento, que atualmente são ensaios acelerados e de curta duração, cuja metodologia está apresentada na Norma ABNT NBR 15577:2008 - Partes 1 a 6.

A influência da umidade na expansão dos agregados é verificada no ensaio de ciclagem acelerada pelo etileno glicol (Norma ABNT NBR 12697:1992); no caso do agregado não apresentar resultado satisfatório, deve ele ser submetido a um ensaio menos violento que o da ciclagem artificial pelo processo da água e estufa (ABNT NBR 12696:1992).

Finalmente, outro ensaio importante na avaliação da qualidade de um agregado graúdo para pavimento é o ensaio de Abrasão Los Angeles (NBR NM 51:2001).

c) Estudo dos traços do concreto

O estudo do traço para o concreto do pavimento difere daquele feito para outros tipos de estrutura, devido às condições especiais de comportamento desta estrutura.

O concreto para pavimento deve ser estudado em laboratório para atender à resistência característica à tração na flexão definida no projeto e determinada conforme as Normas ABNT NBR 5738:2003 e ABNT NBR 12142:1991, além de apresentar uma baixa exsudação, determinada conforme a Norma ABNT NBR NM 102:1996, e uma elevada resistência ao desgaste.

O concreto também deve apresentar um consumo de água por m³ de concreto não superior a 180 l/m³, para evitar ou minimizar a retração por perda d'água e a fissuração dela decorrente.

4.2.2. Deficiências de projeto

Os defeitos decorrentes de projeto inadequado podem ser:

a) Dimensionamento deficiente do pavimento

O dimensionamento de um pavimento deve ser considerado deficiente quando:

For adotada uma estatística de tráfego irreal, abaixo daquela que efetivamente incide no pavimento ou então de uma projeção de aumento do tráfego com o tempo que não seja condizente com a expectativa de progresso da região servida por este pavimento;

Não forem determinadas as condições de suporte do subleito, mediante a realização de ensaios de prova de carga estática, conforme a Norma DNIT 055/2004-ME ou determinação do CBR e de expansão do solo, conforme a Norma ABNT NBR 9895:1986;

A espessura do pavimento não for determinada corretamente, em função do tráfego previsto, tanto atual como futuro, da capacidade de suporte do sistema subleito/sub-base, da expansão ou deformação do subleito, devido à variação de umidade e da resistência à tração na flexão prevista para o concreto;

Não intercalar uma sub-base entre a placa de concreto e o subleito ou dimensionar esta sub-base com espessura não condizente com o tipo de material empregado em sua execução;

Não considerar no dimensionamento da espessura do pavimento, as deformações de empenamento da placa, devido às variações da temperatura ambiente, da umidade do ar e da saturação do subleito devido às chuvas.

b) Projeto geométrico inadequado das placas do pavimento

A geometria do pavimento deve ser considerada inadequada quando:

Os comprimentos e as larguras das placas tiverem dimensões acima dos limites estabelecidos para pavimentos simples ou armados;

As placas formarem figuras geométricas diferentes de retângulos ou quadrados, tais como triângulos, trapézios, losangos ou outras;

As intersecções das juntas com as bordas não formarem ângulos retos;

Nas intersecções de pistas, especialmente quando estas intersecções forem esconsas, com as juntas formando ângulos agudos.

c) Projeto inadequado das juntas

O projeto das juntas é inadequado quando:

Os dispositivos de transferência de cargas, nestas juntas, não forem compatíveis com a intensidade do tráfego no pavimento ou com as condições de suporte do subleito;

Quando não forem previstas barras de ligação nas juntas longitudinais das placas próximas das bordas do pavimento;

Não forem previstas juntas de dilatação nas placas adjacentes a obstáculos fixos, como encontros de pontes, prédios ou outros, e quando a abertura destas juntas não for corretamente dimensionada para o comprimento de pavimento abrangido por esta junta.

d) Projeto de drenagem inadequado

O projeto de drenagem, com os seus caimentos adequados, evitam, além dos problemas de aquaplanagem, a saturação do subleito, que, aliada à passagem do tráfego, contribui para a ocorrência de bombeamento dos finos do subleito, fissuração nas placas, formação de degraus entre placas adjacentes, assentamento das placas e evitam ou retardam a degradação destas placas ao longo do tempo.

4.2.3. Deficiências executivas

As principais deficiências executivas que contribuem para o surgimento de defeitos no pavimento são:

a) Emprego de agregados graúdos com excesso de pó

Os agregados com excesso de pó, especialmente o pó nele aderente, reduzem a ligação da pasta de cimento com este agregado, reduzindo a resistência à tração do concreto.

O concreto do pavimento, especialmente o pavimento de concreto simples, tendo menor resistência à tração, terá uma vida útil menor, além de estar mais suscetível à fissuração.

b) Existência de juntas frias

O atraso no lançamento do concreto, deixando a frente de concretagem exposta por um período de tempo longo, provoca uma junta fria, que mais tarde se refletirá em uma trinca neste local.

Esta trinca ou fissura também pode ocorrer, mesmo que o tempo de exposição da frente de concretagem seja um pouco inferior ao tempo de início de pega do concreto.

c) Atraso na serragem das juntas

O atraso na serragem das juntas promove o surgimento de fissuras transversais no pavimento.

A serragem feita muito cedo, quando o concreto ainda não tem uma resistência suficiente para suportá-la, irá provocar fissuras paralelas à junta e próximas dela, que futuramente irão gerar o esborcinamento dos cantos da junta.

d) Corte deficiente de juntas

A profundidade de serragem da junta deve ser aquela definida no projeto, devendo variar de 1/4 a 1/6 da espessura do pavimento de concreto.

Se o corte for feito em uma profundidade menor, não será suficiente para induzir a fissura neste local, podendo ela surgir em outro local do pavimento.

e) Colocação deficiente dos dispositivos de transferência de carga

Estes dispositivos são as barras de aço que devem estar paralelas e niveladas, colocadas na localização e com o espaçamento definidos no projeto.

A colocação de barras desniveladas e não paralelas entre si causa fissuração paralela à junta e próximo dela.

Outro engano muito cometido na montagem destas barras na junta tem sido o de amarrar a extremidade do trecho engraxado destas barras a um caranguejo, por meio de um arame recozido, com a finalidade de impedir o deslocamento destas barras durante a concretagem da placa.

Esta amarração irá impedir a movimentação das barras no interior da placa, dando origem a fissuras também paralelas à junta e próximas dela.

f) Falta de proteção durante a concretagem de uma placa

Durante a concretagem de uma placa, especialmente em local de alta temperatura ambiente e que tenha baixa umidade relativa do ar e incidência de ventos, há uma maior tendência para a evaporação da água do concreto, que produzirá microfissuras no pavimento, que mais tarde se transformarão em fissuras ou trincas.

Para contornar este problema e evitar futuros defeitos no pavimento, a placa ou placas que estão sendo concretadas devem ser protegidas contra a ação daquelas intempéries, mediante a colocação de coberturas sobre estas placas ou a produção de uma neblina artificial no local da concretagem, mediante a colocação de *fog-sprays* dispostos próximos das bordas das placas.

Depois do término do adensamento e no período que o concreto ainda não iniciou a sua pega, deve a superfície do pavimento ser protegida por uma cobertura de lençol plástico até o momento de se poder realizar a cura desta superfície.

g) Cura deficiente

A falta de cura ou uma cura deficiente provoca no pavimento fissuras de retração plástica ou de perda d'água.

h) Má colocação do lençol de plástico entre a placa e a sub-base

O lençol de plástico, colocado sobre a sub-base, deve estar bem esticado, sem formar protuberâncias, que reduzem a seção do concreto nestes pontos, o que pode causar fissuração por deficiência estrutural.

i) Vedação deficiente das juntas

As juntas devem ser seladas o mais rápido possível, para evitar a penetração de elementos estranhos na junta, especialmente de materiais incompressíveis.

Antes da aplicação do material selante, as juntas devem estar perfeitamente limpas.

Se isto não for feito, a aplicação do material selante pode ser prejudicada, reduzindo a sua vida útil.

Outro aspecto que também deve ser considerado é a proteção do material selante, nos instantes iniciais da sua aplicação, contra a ação de raios ultravioletas ou contra vibrações de qualquer natureza.

Estes efeitos podem causar uma fissuração esparsa do material selante, uma fissuração longitudinal ou então o descolamento deste material das paredes da junta, tornando necessária uma substituição do material em prazo muito curto.

j) Emprego de material selante de baixa qualidade

O material selante de baixa qualidade tem vida útil muito curta, o que exigirá a sua substituição em prazo curto.

Se esta substituição não for feita imediatamente, pode haver a penetração de água pela junta, o que causa a saturação da sub-base ou do subleito, além da penetração na junta de materiais incompressíveis, que provocarão a destruição paulatina dos cantos da junta, em decorrência da movimentação das placas do pavimento devido à variação da temperatura ambiente ou da umidade do concreto.

4.2.4. Deficiências na operação do pavimento

Na operação do pavimento de concreto, podem ocorrer as seguintes deficiências:

a) Tráfego com excesso de carga

O excesso de carga no pavimento pode conduzir à fissuração deste pavimento, caso o dimensionamento da sua espessura não tenha considerado este excesso de carga, como também pode acelerar o processo de fadiga, fazendo com que pavimento tenha a sua vida útil reduzida.

b) Falta de manutenção do material selante das juntas

As consequências desta falta de manutenção estão descritas na subseção 4.2.3, alíneas “i” e “j”.

c) Desentupimento de bueiros e drenos

O entupimento de bueiros e drenos pode causar a saturação da fundação do pavimento, que reduz a sua capacidade de suporte, cujas consequências são a fissuração do pavimento, bombeamento, placa bailarina e outras anomalias.

d) Demora no reparo dos defeitos

O reparo dos defeitos de um pavimento deve ser feito tão logo eles ocorram.

A demora para execução deste reparo ocasiona um aumento progressivo do defeito, aumentando, portanto, o seu grau de severidade, que pode conduzir à necessidade de uma substituição total da placa.

e) Não tratamento imediato das placas bailarinas

A reparação de uma placa bailarina deve ser feita imediatamente, sob pena de que a contínua passagem de tráfego irá, com o tempo, provocar fissuração e a destruição total desta placa.

f) Descuido na remoção imediata de produtos agressivos ao concreto lançados no pavimento

Quando houver a ocorrência de acidentes com veículos transportadores de produtos que sejam agressivos ao concreto, deve ser imediata a remoção destes fluidos por lavagem ou por outro processo específico para o tipo de produto derramado sobre o pavimento.

A permanência destes produtos sobre o pavimento pode causar danos irreversíveis ao mesmo.

4.3. GRAU DE SEVERIDADE DOS DEFEITOS

No Anexo E (Normativo), da Norma DNIT 060/2004-PRO, são descritos, para cada tipo de defeito que ocorre em pavimentos de concreto, as condições que definem o grau de severidade ou de gravidade deste defeito.

Este grau aumenta com o tempo, quando a manutenção deste pavimento for inexistente.

Um defeito que no início estava apresentando um grau de severidade baixo e que podia ser facilmente recuperado pode, por falta de manutenção, tornar-se muito severo, a ponto de inviabilizar a sua recuperação, sendo necessária a demolição parcial ou total da placa com este defeito.

4.4. DEFEITOS CRÍTICOS QUANTO À SEGURANÇA E DESEMPENHO DO PAVIMENTO

Os defeitos que colocam em risco a segurança, tanto do pavimento como dos veículos que nele trafegam, além de provocar desconforto no tráfego, são:

Alçamento das placas;

Fissuras de canto;

Placa dividida;

Degrau nas juntas;

Bombeamento;

Quebra de cantos das juntas;

Placa bailarina;

Assentamento;

Buracos;

Transmissão deficiente da carga nas juntas transversais.

Logicamente, quanto maior for o grau de severidade destes defeitos, mais inseguro e desconfortável será o tráfego neste pavimento e maiores serão as possibilidades de, em prazo muito curto, ser necessária a remoção parcial ou total da placa com estes defeitos.

4.5. DEFEITOS RECUPERÁVEIS

Os defeitos recuperáveis são aqueles cujas causas que lhe deram origem podem ser eliminadas após a sua recuperação.

A quantidade e extensão dos defeitos existentes em uma placa também determinam a viabilidade de recuperação desta placa ou a sua demolição.

A decisão sobre a recuperação dos defeitos é feita com base na inspeção visual do pavimento, realizada conforme a Norma DNIT 060/2004 - PRO e pelo valor obtido no Índice de Condição do Pavimento (IPC), cujo procedimento para a sua determinação está descrito na seção 3 deste Manual.

4.5.1. Descrição dos defeitos recuperáveis

Em princípio, todo o defeito que apresenta um grau de severidade baixo ou médio pode ser recuperado.

Alguns defeitos, entretanto, que são decorrentes de falhas na fundação, subdimensionamento da espessura, das placas, emprego de materiais inadequados no concreto e emprego de concreto de má qualidade são de recuperação problemática, ineficiente ou inviável, mesmo que estes defeitos ainda apresentem um baixo grau de severidade.

Os defeitos recuperáveis serão, portanto:

a) Fissuras transversais e longitudinais

A recuperação destas fissuras é viável se elas forem decorrentes de retração ou deformações volumétricas da placa.

b) Escalonamento ou degrau nas juntas

O escalonamento nas juntas, caso não tenha sido provocado por falha na fundação ou deficiência dos dispositivos de transmissão de carga nas juntas, pode ser reparado por injeções de calda de cimento sob a placa ou por esmerilhamento da placa, tornando este escalonamento gradual, ao invés de abrupto.

c) Resselagem das juntas

Substituição de um material selante avariado por outro de melhor qualidade.

d) Desgaste superficial

O desgaste superficial do pavimento, deixando à mostra os agregados graúdos, pode ser reparado pela aplicação de uma fina camada de pasta ou argamassa de cimento, com adição de emulsão adesiva.

e) Bombeamento

Substituição do material bombeado por injeção de calda de cimento sob o pavimento, para recomposição do subleito.

f) Quebras localizadas

Recuperação dos cantos quebrados por meio de argamassas poliméricas.

g) Esborcinamento dos cantos de bordas e juntas

Recuperação dos cantos esborcinados por meio de argamassas poliméricas.

h) Fissuras tipo rendilhado

Aplicação, sobre a região com este tipo de fissura, de uma fina camada de pasta ou argamassa de cimento, com adição de emulsão adesiva.

i) Buracos

Reparação dos buracos, dependendo do seu tamanho, com argamassa ou concreto, com aplicação prévia de material adequado, que sirva como “ponte de aderência” entre o material existente e o novo.

4.5.2. Condições para que o defeito seja considerado como recuperável

A recuperação de um defeito tem por finalidade restabelecer as condições originais do pavimento.

Quando esta recuperação for suficiente para eliminar as causas que deram origem ao defeito, o pavimento existente amplia o seu tempo de vida útil.

Quando isto for possível, o defeito existente é considerado recuperável, não sendo necessária a demolição total ou parcial da placa.

4.6. DEFEITOS IRRECUPERÁVEIS

Quando não for possível, por meio de reparação de um defeito, eliminar as causas que lhe deram origem, o defeito é considerado irrecuperável, devendo a placa ser demolida parcial ou totalmente.

Em alguns casos, os defeitos existentes em uma placa, apesar de serem recuperáveis, se apresentam em grande quantidade e extensão, que tornam inviável a recuperação desta placa, decidindo-se pela sua demolição.

Quando os defeitos existentes nas placas têm a sua origem no dimensionamento deficiente destas placas, costuma-se recuperá-las mediante o aumento da sua espessura, pela execução de uma camada de concreto sobre elas, denominada de *overlay*.

A decisão sobre a demolição total ou parcial de uma placa é feita com base na inspeção visual do pavimento, realizada conforme a Norma DNIT 060/2004 - PRO e pelo valor obtido no Índice de Condição do Pavimento (ICP), cujo procedimento para a sua determinação está descrito na seção 3 deste Manual.

4.6.1. Descrição dos defeitos irrecuperáveis

Os defeitos considerados irrecuperáveis são aqueles considerados críticos, que estão relacionados na subseção 4.4 e, geralmente, aqueles que apresentam um alto grau de gravidade ou severidade.

Estes defeitos são:

Alçamento das placas;

Fissuras de canto;

Placa dividida;

Buracos.

Ou uma grande quantidade e grande extensão de outros defeitos em uma mesma placa.

4.6.2. Justificativas para que o defeito seja identificado como irrecuperável

As justificativas para se considerar um defeito como irrecuperável são:

A causa ou causas que lhe deram origem não podem ser eliminadas pela recuperação do defeito, tais como deficiências na fundação; subdimensionamento ou fadiga do pavimento; deficiência no dispositivo de transmissão de carga nas juntas; e a grande extensão e quantidade de defeitos existentes em uma placa.

4.6.3. Delimitação do trecho a ser demolido

A decisão ou delimitação do trecho de pavimento a ser demolido deve ser feita com base na inspeção visual do mesmo, realizada conforme a Norma DNIT 060/2004 - PRO e no valor obtido para o Índice de Condição do Pavimento (ICP), cujo procedimento para a sua determinação está descrito na seção 3 deste Manual.

5. PROCEDIMENTOS DE REPAROS

5. PROCEDIMENTOS DE REPAROS

5.1. INTRODUÇÃO

A manutenção de um pavimento rígido pode ser preventiva, através de procedimentos que preservem a sua condição estrutural, retardando o processo de deterioração (a selagem de juntas e fissuras situa-se nesta categoria), ou pode consistir de reparações localizadas, capazes de restaurar a condição estrutural do pavimento.

São considerados reparos localizados a reparação de juntas ou cantos esborcinados, os reparos parciais (abrangendo ou não toda a espessura da placa) e a substituição total da placa.

Nesta seção são indicados os procedimentos de reparos que usualmente são adotados na recuperação dos defeitos existentes nos pavimentos.

Na seção 4 deste Manual estão descritos os diversos tipos de defeitos que geralmente ocorrem em pavimentos e as causas que lhes deram origem.

É necessário, portanto, que, preliminarmente à definição do procedimento de reparo a ser feito em um determinado defeito, seja feita uma avaliação da causa ou causas que deram origem a este defeito.

Por meio desta avaliação é que deve ser definido se o defeito em questão é recuperável ou não e, caso seja possível esta recuperação, qual deve ser o procedimento de reparo a ser adotado.

Em função desta avaliação é definido se esta recuperação implicará na remoção parcial ou total da placa de concreto, como também, se há a necessidade da remoção ou recuperação da própria fundação do pavimento.

5.2. RELAÇÃO DOS DEFEITOS

Para fins de recuperação, os defeitos existentes em uma placa de concreto de pavimentação podem ser classificados na forma das subseções 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3.

5.2.1. Defeitos que não requerem a remoção da placa

Estes defeitos são dos seguintes tipos:

- Recuperação de juntas:

Resselagem;

Esborcinamento.

– Tratamento de fissuras:

Fissuras lineares que não atravessem toda a espessura da placa;

Fissuras lineares que atravessam toda a espessura da placa;

Fissuras do tipo rendilhado;

Fissuras de retração plástica.

– Defeitos existentes na superfície da placa:

Desgaste superficial e escamação acentuada;

Esborcinamento ou quebra de canto;

Buracos de pequena extensão ($< 0,45 \text{ m}^2$);

Recuperação de pequenos reparos já deteriorados.

5.2.2. Defeitos que, dependendo da condição existente no pavimento, podem requerer ou não a remoção parcial da placa

Estes defeitos são dos seguintes tipos:

Placa bailarina;

Bombeamento;

Escalonamento ou degraus;

Assentamentos;

Desnível pavimento/acostamento;

Alçamento.

5.2.3. Defeitos que requerem a remoção parcial ou total da placa e, eventualmente, o tratamento da fundação

Estes defeitos são dos seguintes tipos:

Fissuras com abertura maior que 1,0 mm;

Fissuras transversais no interior da placa;

Fissura transversal próxima da junta transversal de contração;

Fissuras de canto;

Placa dividida;

Grandes reparos em estado de desagregação;

Buracos em grandes quantidades e de grande profundidade;

Defeitos já citados nas subseções 5.2.1 e 5.2.2, que ocorrem em grande quantidade e extensão, quer isoladamente ou em conjunto com outros defeitos, em uma mesma placa.

A decisão ou delimitação do trecho a ser demolido deve ser feita com base na inspeção visual do pavimento, realizada conforme a norma DNIT 060/2004 - PRO e no valor obtido para o Índice de Condição do Pavimento (IPC), cujo procedimento para a sua determinação está descrito na seção 3 deste Manual.

5.3. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos básicos utilizados na recuperação de pavimentos rígidos são os seguintes:

Ferramentas manuais para limpeza de juntas — cinzel, formão, ponteira;

Jato de ar comprimido — para limpeza de juntas e áreas de reparos;

Jato de água com alta e baixa pressão — para limpeza e preparação da superfície de reparos;

Vassouras ou escovas - para limpeza e posterior aplicação de endurecedores superficiais e argamassas de ligação;

Serra de disco diamantado — para corte de juntas e áreas de reparos;

Equipamento para injeção de resinas epóxicas;

Equipamento para aplicação de materiais selantes;

Martelete pneumático — para remoção de concreto;

Equipamento para compactação da fundação em pequenas áreas — "sapos", compactadores vibratórios;

Equipamento de pequeno porte para execução de pavimento - vibradores, régua vibratória, acabadores da superfície;

Régua de 3,00 m para conferência de nivelamento.

5.4. PROCEDIMENTOS PARA A RECUPERAÇÃO DOS DEFEITOS QUE NÃO REQUEREM A REMOÇÃO DA PLACA

5.4.1. Recuperação de juntas

a) Resselagem

- Causas da degradação do material selante

A degradação de um material selante pode ser atribuída às seguintes causas:

O descolamento do mastique das bordas da junta, devido à falta da aplicação de um primer, pois a maioria dos selantes necessita desta aplicação, embora outros não necessitem dele;

A fissuração do selante, quando consiste de pequenas fissuras, pode ser decorrente da ação de raios ultravioletas, que incidem no material selante, quando ele ainda está em processo de cura e não recebe nenhuma proteção contra a ação destes raios;

As fissuras maiores, longitudinais, podem ser decorrentes de esforços aplicados sobre o selante enquanto ele estava ainda em processo de cura, como por exemplo, a vibração provocada pela passagem de veículos pesados.

Admite-se que o tempo necessário de cura de um selante seja obtido pelo quociente da profundidade do selante (em mm) por 2,5 mm/dia, que é a taxa média de endurecimento do selante com a idade. Desta forma, um selante aplicado em uma junta com 20 mm de profundidade, necessitaria de um período de cura de $20/2,5 = 8$ dias, período durante o qual o selante não deve estar sujeito a nenhum tipo de ação;

A falta de uniformidade da espessura do material selante, devido a uma deficiência na colocação do tarucel ou no seu diâmetro, que deve ser maior que a abertura da junta, para ficar bem pressionado na junta, para, desta forma, dificultar qualquer mudança na sua posição.

- Procedimento de reparo

À base de silicone, que é especialmente indicado para juntas de grande movimentação e abertura, como o tipo 890-SL, fabricado pela Dow Corning do Brasil, que é de cura lenta;

À base de poliuretano, tipo Sikaflex T68 NS da Sika;

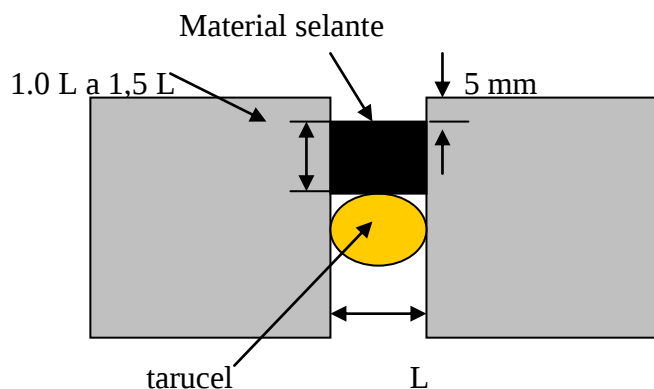
Asfalto polimerizado e aplicado a quente, tipo Crafcó, que apresenta o inconveniente de exigir equipamento especial para o seu aquecimento;

Ou outro equivalente.

Para aumentar a durabilidade do mástique, é fundamental a utilização de colas para fixá-lo às bordas da junta.

Na colocação do selante, deve ser deixado um pequeno espaço vazio na parte superior, cerca de 5 mm, para evitar que, com o fechamento da junta, o material selante aflore e seja danificado pelo tráfego, conforme Figura 9 a seguir:

Figura 9 – Recuperação das juntas – Resselagem



a) Esborcinamento

- Causas que promovem o esborcinamento das juntas

As causas mais frequentes que promovem o esborcinamento dos cantos das juntas são:

Serragem da junta antes do tempo, estando o concreto ainda sem muita resistência;

Penetração de materiais incompressíveis no interior da junta.

- Procedimento de reparo

Corta-se o concreto com serra de disco diamantado, até uma profundidade de 1,5 a 2 cm, segundo uma linha paralela à junta, dela distando de aproximadamente 15 cm;

Em seguida, com martelo de ar comprimido (ou processo equivalente), remove-se o concreto entre a junta e o corte até a profundidade necessária, que deve ter 5 cm, no mínimo;

Removem-se as partes de concreto afetadas ou em mau estado e nivela-se o fundo da abertura feita na placa, procedendo-se, então, a uma limpeza com jato de ar;

Certificando-se de que as paredes e o fundo do reparo estão limpos e secos, aplica-se uma pintura de ligação (ponte de aderência), com pasta à base de resina epóxica, numa espessura de

1 a 2 mm (exceto na parede formada pela placa adjacente, onde deve ser colocada uma talisca de madeira, plástico ou isopor, para recompor a junta);

Esta pintura de ligação também pode ser uma resina de base acrílica ou uma calda de cimento com adição desta mesma resina de base acrílica, tendo o seguinte traço, em volume: 4 partes de cimento; 1 parte de água; 1 parte de emulsão adesiva;

Preparar pequenas quantidades desta calda adesiva, pois o intervalo de tempo máximo decorrido entre a aplicação desta calda e o lançamento do concreto de encontro a ela deve ser de 20 minutos;

Logo em seguida, lança-se o concreto, que deve ter as seguintes características básicas: consumo de cimento mínimo de 350 kg/m^3 ; dimensão máxima do agregado igual ou inferior a $1/3$ da espessura do reparo;

Como alternativa ao concreto, podem ser empregadas argamassas de grout de alta resistência e não retráteis, além de argamassas de cimento e areia com traço de no máximo 1 de cimento: 3 de areia (em massa), ou argamassas poliméricas adequadas para este tipo de aplicação;

A superfície do concreto deve ser acabada, conforme o tipo de textura do pavimento;

O concreto deve ser curado inicialmente com produtos de cura química e, posteriormente, com panos ou sacos de estopa ou de aniagem, mantidos permanentemente úmidos, até a placa ser aberta ao tráfego.

5.4.2. Tratamento de fissuras

O tratamento das fissuras lineares (transversais, longitudinais ou diagonais), de abertura igual ou menor que 1 mm e não esborcinadas, deve consistir na sua vedação, para evitar a penetração de elementos agressivos para o interior do concreto, além de materiais incompressíveis, que podem, com o tempo, ocasionar o esborcinamento dos cantos destas fissuras.

Para fissuras estáveis (sem movimentação), o material empregado nesta vedação pode ser do tipo rígido, enquanto nas fissuras ativas (com movimentação) deve ser do tipo flexível.

Os procedimentos para o tratamento das fissuras superficiais, conforme a maneira como a fissura se apresenta, são indicados a seguir:

a) Fissuras lineares que não atravessam toda a espessura da placa

- Fissuras com abertura igual ou menor que 0,4 mm

No tratamento destas fissuras deve ser aplicada uma resina epóxi de baixa viscosidade (<100 mPa.s), para permitir que, por absorção capilar, a própria fissura promova a penetração da resina para o seu interior, realizando uma vedação satisfatória.

Se a fissura for estável, isto é, não apresentar movimentação, devido às variações sazonais, pode ser aplicado um produto rígido.

Para a aplicação deste tratamento deve ser adotado o seguinte procedimento:

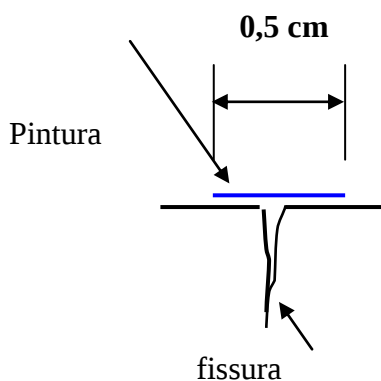
Lixar a superfície do concreto ao longo de toda a extensão da fissura, em uma faixa de 0,5 cm de largura, estando a fissura no meio desta faixa;

Limpar e secar esta superfície, e principalmente o interior da fissura, por meio de jatos de ar, retirando todo o pó e outros detritos;

Por meio de um pincel, como se fosse uma pintura, aplicar sobre a fissura e sobre a faixa que a contém (ver Figura 10), uma resina epóxi bastante fluida, como as indicadas a seguir: Nitobond Injeção, da Fosroc; MC-Dur 1264 KF, da MC Bauchemie; ou outra equivalente.

Somente considerar como terminada esta pintura, quando a fissura não absorver mais a resina.

Figura 10 – Pintura com resina fluida



A fissura que apresenta movimentação deve ser tratada com uma resina que também tenha baixa viscosidade, mas que seja flexível, como por exemplo, o produto Mac Injekt 2300 Plus da MC Bauchemie ou outro equivalente.

- Fissuras com abertura entre 0,4 mm e 1,0 mm

Admite-se o tratamento destas fissuras, por meio da sua selagem, caso elas não se apresentem desniveladas, adotando-se, para tanto, o seguinte procedimento:

Corta-se com uma serra de disco cada lado da fissura, numa profundidade de 25 mm, de modo que a distância entre os cortes seja de, no máximo, 30 mm;

Removem-se as partes soltas de concreto entre os cortes com vassouras ou outras ferramentas manuais (cinzel, formão etc.), promovendo-se uma limpeza com jato de ar comprimido na ranhura formada;

Depois de a ranhura estar completamente limpa, aplica-se o material selante apropriado, podendo ser vazado no local (a quente ou a frio) ou pré-moldado, que deve atender às condições que estão apresentadas na alínea “a” da subseção 5.4.1.

Quando a fissura for muito irregular, impossibilitando o corte com serra de disco, recomenda-se o apicoamento de suas bordas, ao longo de toda a sua extensão, numa seção retangular, com profundidade máxima de 25 mm e largura máxima de 50 mm.

Neste apicoamento, tomar o cuidado para que as paredes desta ranhura sejam aproximadamente perpendiculares à superfície do pavimento.

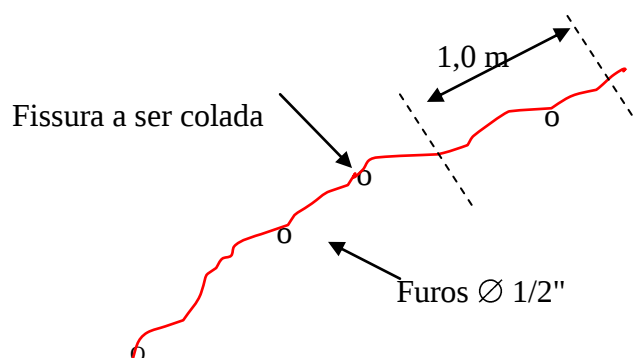
A seguir, completa-se a limpeza da ranhura com ferramentas manuais e jato de ar comprimido e aplica-se, então, o material selante apropriado, que deverá ser vazado no local (a quente ou a frio) ou pré-moldado, que deverá atender às condições indicadas na alínea “a” da subseção 5.4.1.

b) Fissuras que atravessam toda a espessura da placa

- Fissuras com abertura igual ou menor que 0,4 mm

O tratamento das fissuras consiste na injeção da fissura com resina, conforme o procedimento descrito a seguir (ver Figura 11):

Figura 11 – Tratamento das fissuras



Ao longo da fissura efetuar furos com broca de vídea, com 12 mm de diâmetro (1/2”), na direção perpendicular à superfície do pavimento, até a profundidade de 30 mm;

Estes furos devem estar espaçados em torno de 50 cm, devendo ser executados a seco, tendo-se a precaução de remover simultaneamente a poeira;

A seguir, os furos devem ser limpos e secados por meio de jatos de ar, para retirada de todo o pó aderente e outros detritos;

Nestes furos devem ser colocados tubos plásticos transparentes, que devem ser fixados ao furo por meio de um adesivo estrutural fluido, bicomponente, à base de resina epóxi, como, por exemplo, o Sikadur 32, da SIKA, ou outro equivalente;

Para a contenção da resina de injeção, deve ser aplicado sobre toda a fissura um adesivo estrutural, à base de resina epoxi, bicomponente e que seja tixotrópico, como o Sikadur 31, da SIKA ou outro equivalente;

Na execução desta injeção deve ser empregada uma bomba para injeção de ar comprimido ou manual, devendo a pressão de injeção ser de cerca de 3 kgf/cm²;

A resina a ser utilizada nesta injeção deve ter baixa viscosidade (<100 mPa.s), para permitir uma penetração mais eficiente na fissura;

Se a fissura apresentar movimentação, deve ser empregada uma resina que também tenha baixa viscosidade, mas que seja flexível, como por exemplo, o produto Mac Injekt 2300 Plus da MC Bauchemie, ou outro equivalente;

No caso de ocorrer qualquer anomalia durante a injeção, deve ser feita a reinjeção da fissura, através de novos furos de injeção intercalados entre os furos feitos anteriormente;

Decorrido o período de cura da resina, que é aquele indicado pelo fabricante, devem os tubos de injeção ser removidos, sendo a cavidade por eles formada preenchida com a mesma resina empregada na injeção;

Após o término da cura da resina, a superfície do concreto ao longo da fissura deve ser esmerilhada, eliminando-se as saliências existentes em relação à superfície original do pavimento;

Na aplicação dos materiais de injeção, devem ser seguidas as orientações do fabricante destes materiais.

- Fissuras com abertura entre 0,4 mm e 1,0 mm.

Deve ser adotado o mesmo procedimento descrito na alínea “a” da subseção 5.4.2, para fissuras com abertura entre 0,4 mm e 1,0 mm.

c) Fissuras do tipo rendilhado

No caso de fissuras do tipo rendilhado, a solução é a aplicação de produtos endurecedores de superfície, produzidos à base de fluorsilicatos de zinco ou de magnésio, ou à base de silicatos de sódio, sendo este último de mais fácil aplicação.

O produto é lançado sobre a superfície fissurada e espalhado por meio de um vassouramento.

d) Fissuras de retração plástica

Estas fissuras, dependendo da sua abertura e profundidade, devem ser tratadas conforme indicado nas alíneas “a” e “b” da subseção 5.4.2.

5.4.3. Defeitos existentes na superfície da placa

a) Desgaste superficial e escamação acentuada

O desgaste superficial de um pavimento é devido a uma falha de execução, quando não foi seu controle de maneira eficiente à exsudação, o que torna a superfície do pavimento muito porosa e fraca, sendo removida facilmente pela ação do tráfego ou pela passagem da água em velocidade sobre o pavimento.

Estas ações promovem a remoção da argamassa superficial do pavimento, deixando os agregados expostos, o que causa um desconforto no tráfego e um mau aspecto ao pavimento.

A escamação também é decorrente do acúmulo de água sob a superfície da placa, criando uma zona de fraqueza.

Para a recuperação destes defeitos, conforme seja a profundidade do desgaste, duas soluções podem ser adotadas:

- Solução A (para desgaste superficial de pouca profundidade)

Esta solução consiste na aplicação, sobre a região desgastada, de uma calda de cimento Portland com emulsão adesiva de base acrílica, preparada no local de aplicação, devendo atender à seguinte dosagem, em volume:

6 partes de cimento Portland;

2 partes de emulsão adesiva;

1 parte de água.

Inicialmente, a superfície do pavimento deve ser completamente limpa com água com alta pressão, para retirada de óleos, graxas ou outro tipo de elemento que possa prejudicar a pega ou a resistência do cimento.

Imediatamente antes da aplicação da calda adesiva, saturar a superfície do pavimento, evitando, entretanto, a ocorrência de poças de água.

Aplicar a calda adesiva com uma trinchinha, de modo que seja feita a cobertura total do pavimento, sendo o serviço considerado satisfatório, quando todo o agregado exposto na superfície do pavimento estiver coberto com a calda adesiva.

A película de aplicação da calda adesiva deve ter a menor espessura possível, devendo, portanto, ser evitado qualquer excesso de calda.

Após a aplicação da calda e quando ela estiver para iniciar a sua pega, deve ser feito o penteamento dessa calda, nas mesmas condições em que ele é feito no pavimento em execução.

A cura desta calda deve ser iniciada quando a calda já estiver endurecida, devendo durar, no mínimo, três dias.

O tráfego sobre a placa tratada pode ser aberto após o término da cura.

- Solução B (para desgaste superficial com maior profundidade e escamação acentuada)

Corta-se o concreto com uma serra de disco numa profundidade de 1,5 a 2 cm, de modo a abranger toda a área danificada.

Em seguida, com martetele pneumático ou equipamento equivalente, remove-se o concreto até a profundidade necessária, que deve ser, no mínimo, de 5 cm, devendo as paredes do reparo ser a mais vertical possível.

Remove-se todo o concreto deteriorado, nivelando-se o fundo do reparo, sem grande preocupação de precisão, procedendo-se, então, a uma limpeza com jato de ar comprimido.

Para assegurar a aderência do concreto novo ao antigo deve ser aplicada uma ponte de aderência, que pode ser a calda adesiva descrita na alínea “b” da subseção 5.4.1.

Antes da aplicação da calda adesiva, deve-se assegurar o umedecimento da superfície pelo maior período de tempo possível (recomenda-se 24 horas) sem, no entanto, permitir a formação de poças.

Lança-se o concreto, o qual deve cumprir algumas exigências fundamentais:

- Dimensão máxima do agregado igual ou menor que 1/5 da espessura do reparo;

Baixa relação água/cimento (igual ou menor que 0,45).

Depois de lançado, o concreto deve ser adensado e acabado, de acordo com a textura do restante do pavimento.

A cura deve ser iniciada imediatamente após o acabamento da camada.

A cura inicial, a ser feita desde o momento do término do acabamento até o concreto ter endurecido, pode consistir na cobertura da placa com um lençol plástico, tomando-se o cuidado para que este lençol não toque na superfície da placa, para não prejudicar o seu acabamento.

Como alternativa, pode a cura também ser feita por meio da aspersão sobre a superfície tratada, de um produto de cura química.

Depois de o concreto ter endurecido, a cura deve ser feita com água, podendo ser adotado um dos diversos processos citados a seguir:

Aplicação de manta de cura;

Colocação de sacos molhados ou areia úmida;

Aspersão contínua de água;

Colocação de uma lâmina de água sobre o pavimento;

Outros de eficiência comprovada.

Esta cura deve durar o tempo necessário para que o tráfego possa ser liberado, em função dos resultados de resistência mecânica.

b) Esborcinamento ou quebra de canto

- Causas que promovem o esborcinamento e quebras de cantos

As causas mais frequentes que promovem o esborcinamento e quebra dos cantos das bordas do pavimento são:

Retirada das fôrmas antes do tempo, ou então remoção das fôrmas de maneira inadequada;

Queda de equipamentos ou objetos sobre os cantos, com o concreto ainda sem muita resistência.

- Procedimento de reparo

Corta-se o concreto com serra de disco diamantado, até uma profundidade de 1,5 a 2 cm, segundo uma linha paralela ao canto ou borda, distando dela aproximadamente 15 cm;

Em seguida, com martelete de ar comprimido (ou processo equivalente), remove-se o concreto entre o canto (ou borda) e o corte, até a profundidade necessária, que deve ter 5 cm, no mínimo;

Removem-se as partes de concreto afetadas ou em mau estado e nivela-se o fundo da abertura feita na placa, procedendo-se, então, a uma limpeza com jato de ar;

Certificando-se de que as paredes e o fundo do reparo estão limpos e secos, aplicar sobre eles uma pintura de ligação com pasta à base de resina epóxica, numa espessura de 1 a 2 mm, exceto na parede formada pela placa adjacente, onde será colocada uma fôrma de madeira ou outro material apropriado, para conter o concreto ou argamassa de reparo;

Esta pintura de ligação também pode ser uma resina de base acrílica, ou uma calda de cimento com adição desta resina de base acrílica, tendo o seguinte traço, em volume: 4 partes de cimento; 1 parte de água; 1 parte de emulsão adesiva.

Preparar pequenas quantidades desta calda adesiva, pois o intervalo de tempo máximo decorrido entre a aplicação desta calda e o lançamento do concreto de encontro a ela deve ser de 20 minutos;

Logo em seguida, lança-se o concreto, que deve ter as seguintes características básicas: consumo de cimento mínimo de 350 kg/m^3 ; dimensão máxima do agregado igual ou inferior a $1/3$ da espessura do reparo;

Como alternativa podem ser empregadas argamassas de grout de alta resistência e não retráteis, além de argamassas poliméricas adequadas para este tipo de aplicação;

A superfície do concreto deve ser acabada conforme o tipo de textura do pavimento;

O concreto deve ser curado inicialmente com produtos de cura química e, posteriormente, com panos ou sacos de estopa ou de aniagem, mantidos permanentemente úmidos, durante pelo menos sete dias ou o tempo necessário para a abertura do pavimento ao tráfego.

c) Buracos de pequena extensão ($< 0,45 \text{ m}^2$)

A região que apresenta um buraco de pequena extensão e profundidade deve ser delimitada por meio de um corte feito com disco, com profundidade não inferior a 10 mm, o que garante a perpendicularidade das bordas do corte com a superfície do concreto.

Este corte deve formar no pavimento uma figura regular (quadrado ou retângulo), para que o reparo não apresente impacto visual desfavorável.

Por meio de rebarbadores, martelos ou outro tipo de equipamento, deve ser feito o corte no concreto existente no interior desta figura, até ser atingido o concreto sã.

As superfícies laterais deste corte devem estar situadas abaixo da profundidade de 10 mm, caso sejam inclinadas, e devem ter uma inclinação gradual, sem apresentar saliências ou reentrâncias.

A cavidade aberta no concreto deve ser limpa com jatos de água com baixa pressão até serem removidos todos os resíduos, principalmente o pó aderente, e promovida a saturação do concreto da cavidade.

A água usada nesta limpeza deve ser potável e isenta de substâncias que possam prejudicar o concreto, devendo-se evitar o empoçamento desta água na cavidade.

Estando esta cavidade na condição de saturada, deve ser, então, executado o seu preenchimento, que pode ser feito com concreto, argamassa de grout, ou argamassa de cimento e areia, com traço forte (máximo 1 cimento: 3 areia, em massa).

Se o volume do buraco for significativo, pode ser adicionada à argamassa cerca de 30% de brita 0 ou brita 1.

Imediatamente antes do lançamento do material de preenchimento, deve ser aplicada, nas faces da cavidade, uma das pontes de aderência, indicadas na alínea “b” da subseção 5.4.3.

Terminado o acabamento do reparo, deverá ser aplicado, sobre a superfície da placa, um lençol de plástico ou um produto químico de cura, no teor de, no mínimo, 0,35 litros/m².

Tão logo o material do reparo tenha endurecido, deve ser iniciada imediatamente a cura com água, por meio de borrifamento, molhagem periódica ou molhagem permanente, pela colocação de tubos perfurados.

d) Recuperação de pequenos reparos deteriorados

Deve ser removido todo o material de reparo deteriorado e o buraco, assim formado no pavimento, deve ser tratado como indicado na alínea “c” da subseção 5.4.3.

5.5. PROCEDIMENTO PARA A RECUPERAÇÃO DOS DEFEITOS QUE, DEPENDENDO DA CONDIÇÃO EXISTENTE NO PAVIMENTO, PODEM REQUERER OU NÃO A REMOÇÃO PARCIAL DA PLACA

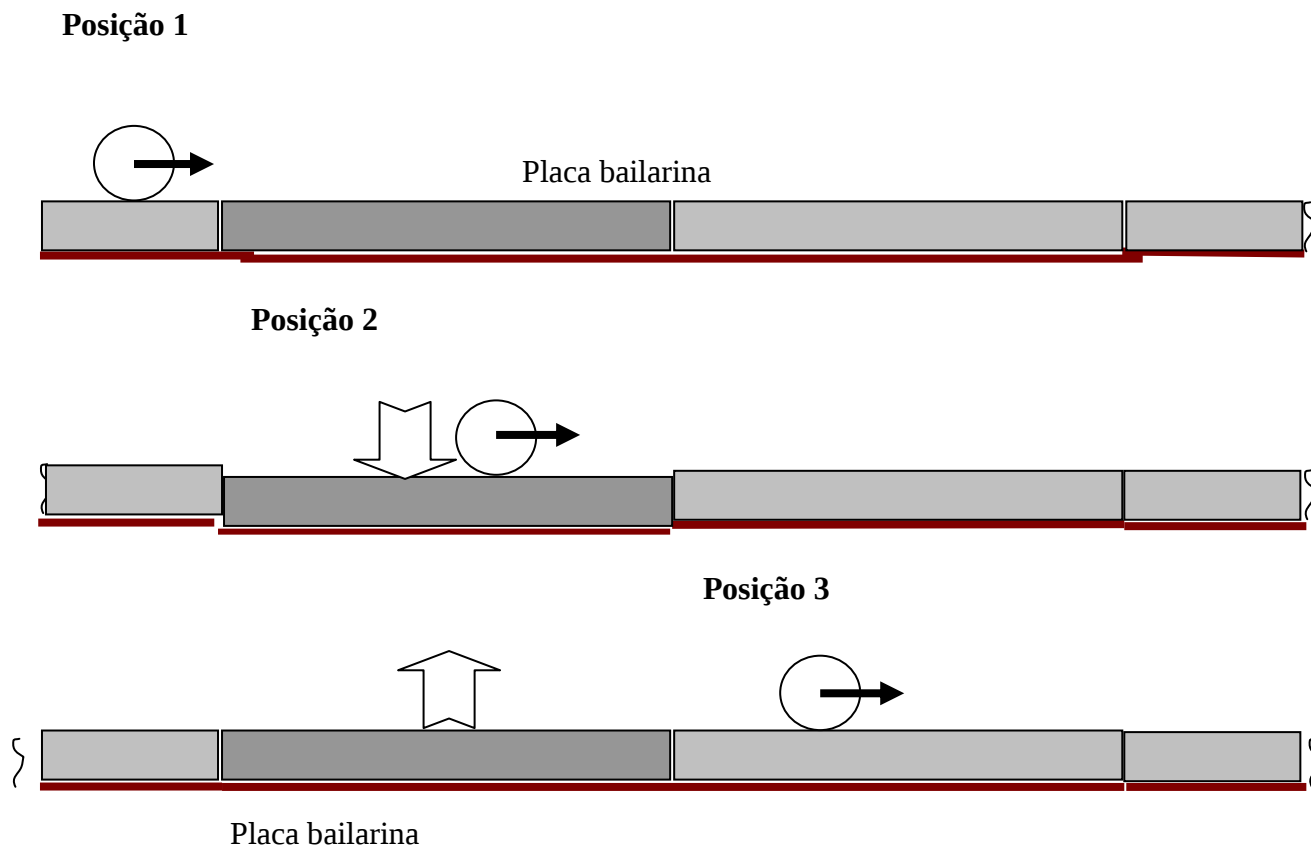
Alguns tipos de defeitos podem ser recuperados sem a remoção parcial da placa.

Nesta subseção, são designados estes defeitos e as condições que tornam necessárias ou não a remoção parcial da placa.

5.5.1. Placa bailarina

É a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Placa bailarina



A movimentação vertical da placa sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, tem como causas as perdas localizadas ou generalizadas de suporte da fundação, aliadas à existência de juntas ineficientes e à ação do tráfego pesado e canalizado.

Este defeito costuma progredir com o tempo, acarretando o surgimento de trincas e fissuras na placa, além de facilitar o bombeamento.

Quando uma placa bailarina não apresenta nenhum outro tipo de defeito, ela pode ser recuperada, não havendo necessidade da remoção da placa.

O procedimento a ser adotado é o seguinte:

Esta recuperação geralmente é feita por meio de injeção de calda de cimento, podendo, entretanto, empregar-se outros materiais, tais como argamassa de cimento e areia, solo-cimento de consistência

fluida, ou outro material adequado para injeção nestas condições, isto é, a ser realizada sob a placa de concreto, na sua interface com a fundação, no trecho que esta placa apresenta deformações verticais;

A distribuição dos furos para injeção, volume de calda a ser injetada em cada furo e a sequência das injeções devem ser determinados para cada caso específico;

No caso da injeção ser feita com calda de cimento, deverá ser iniciada com uma calda mais plástica, com relação água/cimento aproximada de 0,70;

A pressão de injeção deve ser rigorosamente controlada, para evitar a ruptura da placa;

Ao ser injetado um furo, deve ser observada a saída de calda pelos furos adjacentes;

Depois de definida a evolução da resistência da calda com o tempo, o tráfego pode ser aberto, devendo ser observado o comportamento da placa tratada;

Se ela ainda apresentar deformações verticais com a passagem do tráfego, deverão ser feitas reinjeções, em furos abertos entre os furos já injetados;

Nesta reinjeção, a calda de cimento pode ser menos fluida, com relação água/cimento de 0,50.

5.5.2. Bombeamento e desnivelamento

Estes defeitos são:

Bombeamento;

Escalonamento ou degraus;

Assentamentos;

Desnível pavimento/acostamento;

Alçamento.

Se a placa que apresentar estes defeitos, apresentar também outros defeitos, tais como fissuras e quebras, a placa deve ser removida total ou parcialmente.

Caso não existam outros defeitos, a placa pode ser recuperada por meio de injeções entre a fundação e a placa, adotando-se, para tanto, o mesmo procedimento indicado para a recuperação de placas bailarinas (subseção 5.5.1).

5.6. PROCEDIMENTOS PARA A RECUPERAÇÃO DE DEFEITOS QUE REQUEREM A REMOÇÃO PARCIAL OU TOTAL DA PLACA E, EVENTUALMENTE, O TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

5.6.1. Fissuras transversais de abertura superior a 1,0 mm, ou seriamente esborcinadas

Quando as placas apresentam fissuras transversais muito abertas, onde não se processa a transferência de carga por entrosagem de agregados, ou estejam muito esborcinadas e que tenham sido provocadas por deficiência estrutural do concreto ou da fundação e que tenham abertura superior a 1,0 mm, além de buracos ou outros tipos de defeitos que comprometem a capacidade de carga do pavimento, há necessidade de remoção parcial ou total da placa, em toda a sua espessura.

No caso de se verificar uma perda de suporte da fundação, deve ser feita a remoção parcial ou total da placa, para se reconstituírem as condições de suporte da fundação.

a) Fissura transversal no interior da placa

– Metodologia "A"

Corta-se o concreto ao longo de duas linhas paralelas, perpendiculares ao eixo longitudinal da pista, abrangendo a região fissurada e distante entre si de aproximadamente 100 cm;

Os cortes devem ser feitos inicialmente com uma serra de disco (com aproximadamente 3 cm de profundidade) e, a seguir, devem ser utilizados martelos pneumáticos ou outro equipamento qualquer para remoção do concreto, de modo que as paredes do reparo fiquem rugosas e o mais vertical possível;

Podem ser eliminadas as barras de ligação da junta longitudinal, caso componha alguma das paredes do reparo;

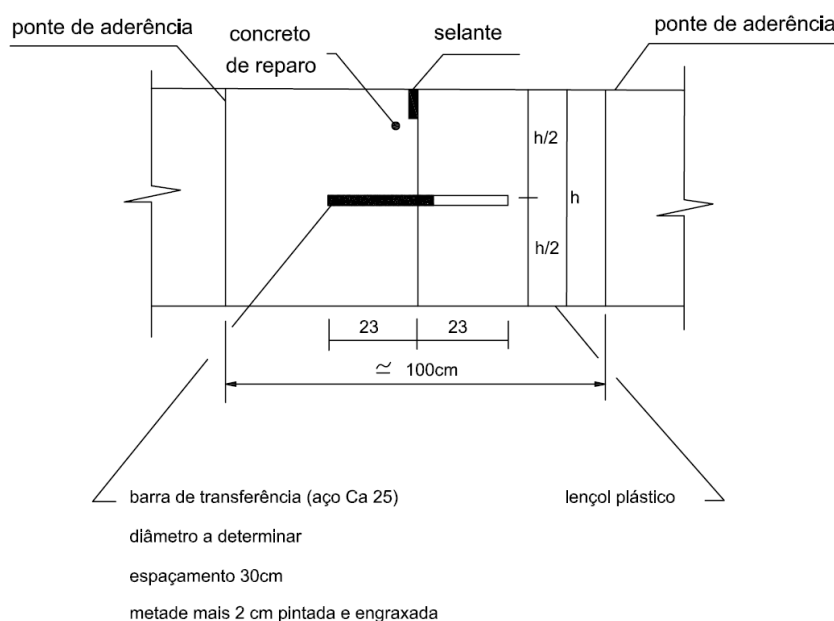
A sub-base deve ser examinada e reparada, se necessário;

As paredes do reparo devem ser limpas com jato de ar ou de água, de modo a remover as partes soltas ou fracamente aderidas ao concreto;

No caso da existência de armadura distribuída, não se deve retirá-la totalmente, deixando-se cerca de 25 cm de armadura exposta, o que servirá para aumentar a ligação entre o concreto novo e o antigo;

Coloca-se um filme plástico de polietileno ou papel betumado (tipo kraft) sobre a sub-base preparada, assentando-se, então, na meia seção transversal do pavimento, um dispositivo artificial de transferência de carga, composto de barras de aço lisas, tendo uma de suas metades pintadas e engraxadas, como mostrado na Figura 13 a seguir:

Figura 13 – Detalhe da metodologia “A” de reparo de fissuras transversais



As paredes do reparo, depois de limpas e secas, devem ser pintadas com material à base de resina epóxica ou uma calda de cimento com emulsão adesiva de base acrílica, que servem como ponte de aderência entre o concreto novo e o antigo;

Depois de lançada a camada ligante, coloca-se o concreto do reparo, que deverá ter:

Baixa relação água/cimento;

Resistência mecânica conforme as condições de projeto e, no mínimo, igual à do concreto existente;

Aconselha-se usar cimento de alta resistência (ARI) ou de aditivo acelerador de resistência, sempre que houver necessidade de abertura rápida ao tráfego.

Devem ser tomadas medidas que minimizem os efeitos da retração plástica e hidráulica nas primeiras idades do concreto, tais como:

Uso de concretos mais secos;

Uso de aditivo plastificante, pois, em geral, produzem certa diminuição no consumo de cimento;

Uso de aditivo compensador de retração (retentor de água);

Cuidados na execução, para que se evite a segregação do concreto, posto que a exsudação da argamassa na superfície aumenta a possibilidade de fissuração;

Cuidados com a cura do concreto.

O concreto deve ser adensado e acabado, de modo que a textura superficial seja semelhante à do pavimento existente;

Deve ser executada uma junta transversal de retração, moldada no concreto fresco ou serrada no concreto semiendurecido, passando no plano vertical que divide ao meio o comprimento das barras de transferência. A junta deve ser selada com material adequado;

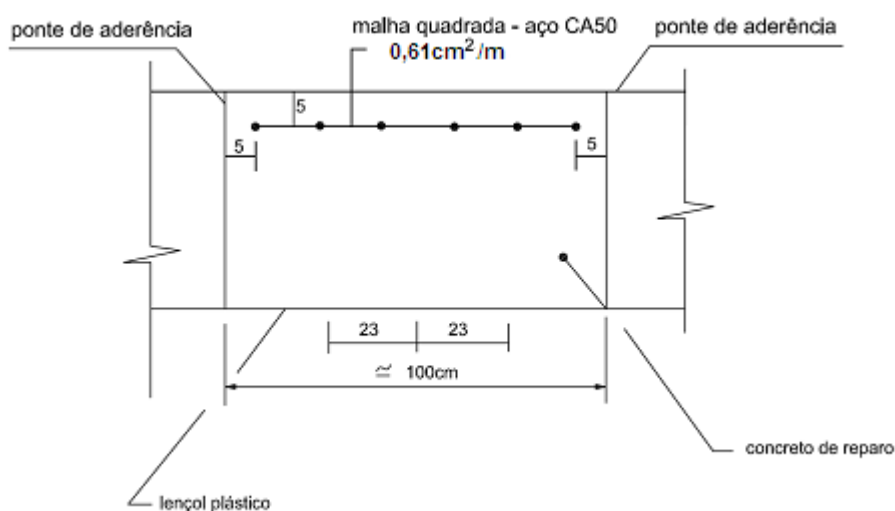
As operações de cura devem ser iniciadas logo que terminem aquelas de acabamento superficial, e devem ser a mais rigorosa possível, iniciando-se com a aplicação de um produto de cura química e, assim que o concreto adquira uma resistência tal, que garanta a sanidade do acabamento superficial, deve ser coberto com sacos de estopa ou de aniagem, mantidos permanentemente úmidos durante sete dias.

– Metodologia "B"

Essa metodologia difere da metodologia "A", devido a não adotar, quando da execução do reparo, a junta transversal com dispositivo de transferência de carga.

Neste caso, deve ser adotada uma armadura distribuída de retração, de modo a absorver as tensões de retração hidráulica e térmica, principalmente possibilitando a supressão da junta transversal, conforme Figura 14 a seguir:

Figura 14 – Detalhe da metodologia "B" de reparo de fissuras transversais



Recomenda-se, também, que as juntas transversais que compõem a placa existente sejam aprofundadas de 1 a 2 cm e, posteriormente, seladas.

Os demais procedimentos são iguais aos citados na metodologia “A”.

Observações:

A metodologia “B” é a mais indicada, quando o reparo não abrange toda a largura da pista;

Isto se deve aos próprios princípios de execução ordinária de pavimentos de concreto, quando se observa que uma junta transversal de retração pode induzir a placa contígua à fissuração, pela movimentação da própria junta;

Deve-se observar ainda, em ambos os métodos aqui descritos, a desnecessidade de garantir a aderência do concreto novo às paredes do reparo formadas pelas juntas longitudinais das placas adjacentes, através de colagem.

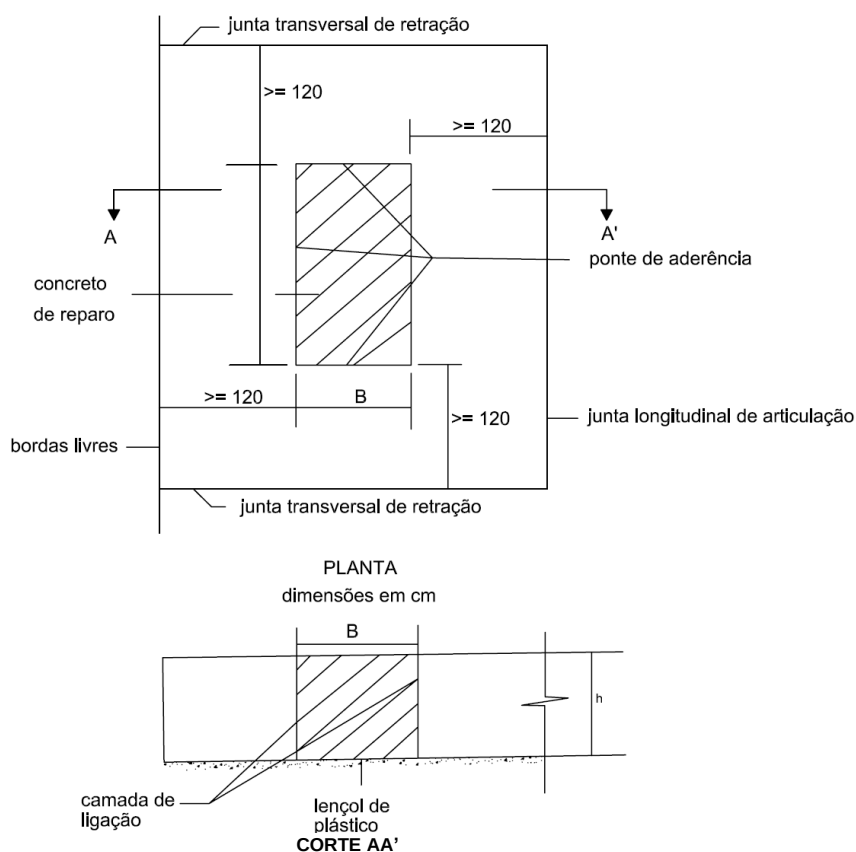
b) Fissura transversal próxima à junta transversal

Devido à necessidade de reconstrução da junta transversal, recomenda-se adotar a metodologia “A”, citada na alínea “a” desta subseção 5.6.1.

5.6.2. Reparo no interior da placa

Aplica-se na recuperação de defeitos onde não há necessidade de remover totalmente a placa de concreto, conforme Figura 15 a seguir:

Figura 15 – Reparo interior da placa



Este tipo de reparo é utilizado na eliminação de defeitos localizados, como, por exemplo, buracos, fissuras ramificadas, devendo ser executado conforme indicado a seguir:

A maior dimensão do reparo (L) deve estar orientada no sentido longitudinal da placa, e a relação entre o comprimento (L) e a largura (B) do reparo deve ser de aproximadamente de 1,5 a 2;

Recomenda-se que todos os lados do remendo distem no mínimo, 120 cm de qualquer junta ou borda.

A execução do reparo deve seguir a seguinte metodologia:

Corta-se o concreto com serra de disco até uma profundidade de 3 cm, de modo a definir a área a ser reparada;

Com o martelo de ar comprimido ou equipamento similar, remover o concreto em toda a espessura da placa;

A amplitude da área substituída deve ser tal, que alcance toda a parte de concreto e fundação em estado precário;

As condições de suporte da sub-base devem ser recompostas por meio de recompactação, ou mesmo substituição de material, retirada parcial de material da sub-base ou subleito, recompactação e recomposição, com os mesmos materiais das camadas removidas;

No caso de existência de armadura distribuída, esta não deve ser totalmente removida do local do reparo, deixando-se expostos 25 cm das extremidades da armadura;

As extremidades devem ser parcialmente dobradas posteriormente, assegurando a união entre o concreto novo e antigo;

O concreto do reparo deve ser armado, conforme o pavimento existente;

As paredes do reparo devem ser limpas com jatos de ar ou de água;

Coloca-se um filme plástico de polietileno ou papel betumado (tipo kraft) sobre a sub-base preparada;

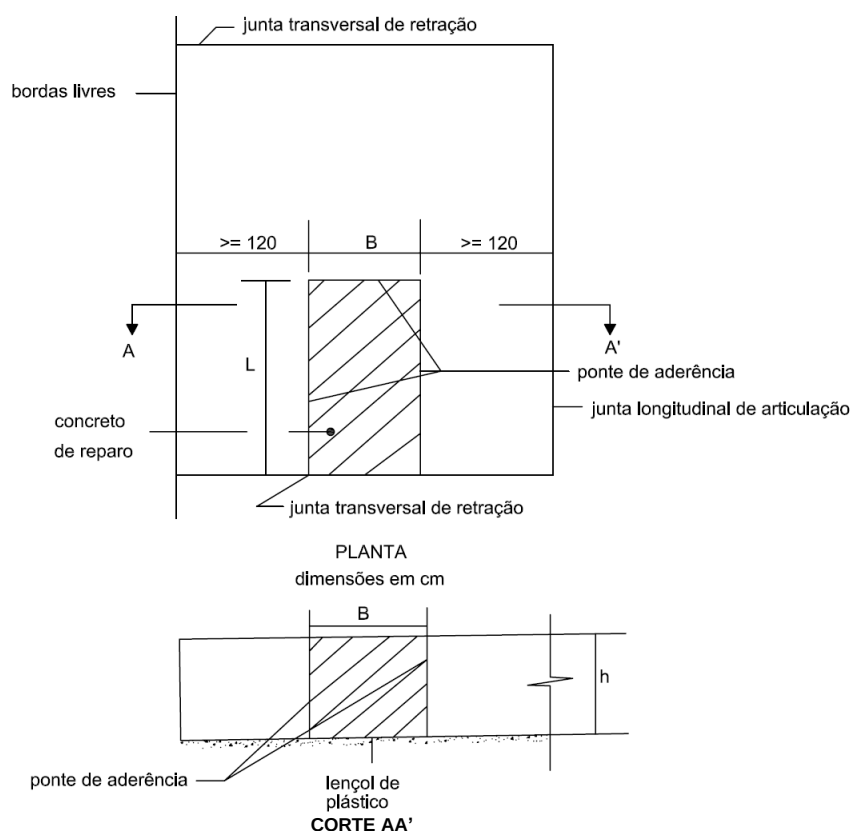
Seguem-se as recomendações citadas para a Metodologia "A" de recuperação de fissuras transversais com abertura superior a 1,0 mm ou esborcinadas (alínea "a" da subseção 5.6.1).

5.6.3. Reparo tangente a borda da placa, sem abranger toda a largura

Também nestes casos, a maior dimensão do reparo (L) deve estar orientada na direção longitudinal da placa.

A relação entre o comprimento (L) e a largura (B) do reparo deve ficar entre 1,5 e 2, conforme Figura 16, exceto no caso em que o comprimento do reparo atinja todo o comprimento da placa.

Figura 16 – Reparo tangenciando a borda transversal da placa



Recomenda-se que, no caso do reparo tangenciar uma junta transversal, o valor mínimo da largura (B) seja de 0,5 m.

A execução do reparo deve seguir a seguinte metodologia:

Remove-se toda a zona avariada, da mesma maneira mencionada na metodologia anterior;

As condições de suporte da sub-base devem ser recompostas por meio de recompactação, ou mesmo substituição de material, retirada parcial de material da sub-base ou subleito, recompactação e recomposição, com os mesmos materiais das camadas removidas;

As paredes do reparo devem ser mantidas verticais e ásperas;

As barras de transferência e de ligação podem ser mantidas, caso não estejam oxidadas; as barras de transferência devem ter suas extremidades expostas, alinhadas, pintadas e engraxadas;

No caso de junta de encaixe, esta pode ser removida, não sendo necessário garantir a aderência do concreto novo às paredes do reparo formadas pelas placas adjacentes;

No caso de presença de armadura distribuída, esta não deve ser totalmente removida do local do reparo, deixando-se 25 cm das extremidades das barras expostas, que devem ser dobradas posteriormente, assegurando a união entre o concreto novo e o antigo;

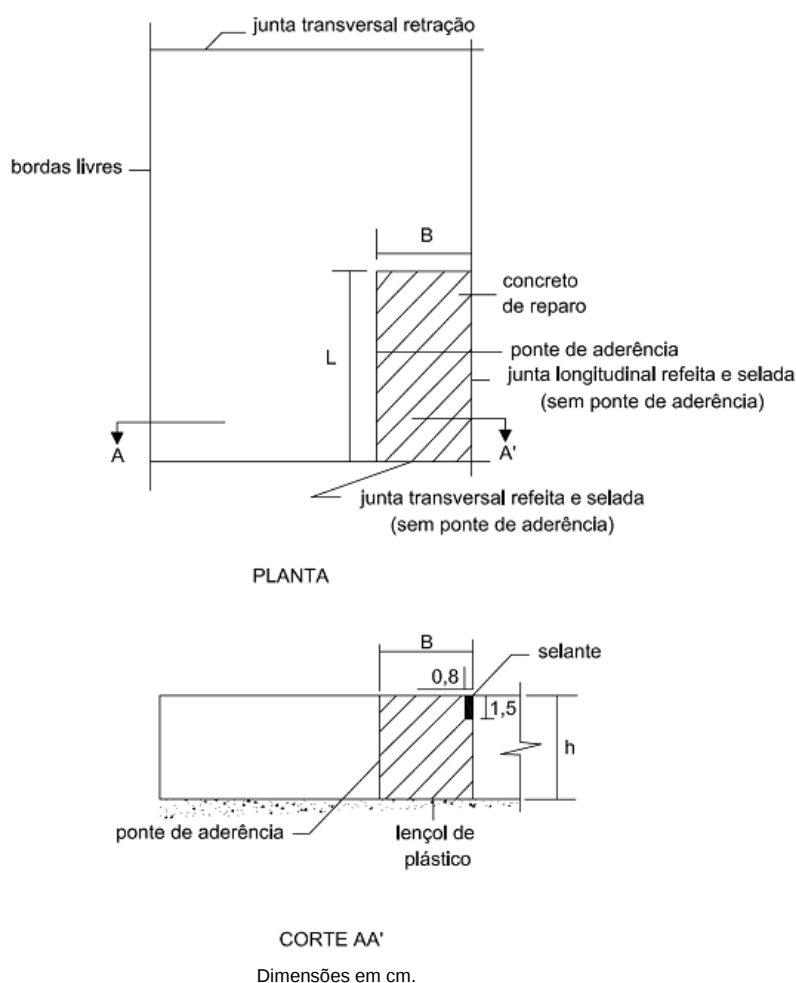
O concreto de reparo deve ser armado conforme o pavimento existente;

As recomendações seguintes são as mesmas citadas no método de execução de reparo no interior da placa (subseção 5.6.2), com a ressalva de que a camada de ligação deve ser aplicada somente nas paredes da placa que contém o reparo;

As juntas do pavimento devem ser refeitas e seladas;

Quando o reparo atinge o comprimento da placa e a sua largura é maior que $\frac{2}{3}$ da largura da placa, recomenda-se que esta seja totalmente removida e reconstituída, e também, a adoção de uma armadura de retração, colocada próxima à face superior do concreto. Ver Figuras 17 e 18 a seguir.

Figura17 – Reparo tangenciando a borda transversal e a borda longitudinal da placa



No caso de existência de armadura distribuída, esta deve ser totalmente removida do local do reparo;
Posteriormente deve ser colocada uma nova armadura com a mesma seção por metro daquela retirada;
Não é preciso produzir aderência entre o concreto novo e o antigo;

As recomendações seguintes são as mesmas citadas no método de execução de reparo no interior da placa (a partir da Figura 13), com a ressalva de que a limpeza das paredes do reparo pode ser feita apenas com jato de ar comprimido, devido à desnecessidade de garantir a aderência entre o concreto novo e o antigo;

As juntas do pavimento devem ser refeitas e seladas, construindo-se uma ou duas novas juntas, conforme o caso (ver Figuras 19 e 20).

Figura 19 – Reparo localizado no interior da placa, abrangendo toda a sua largura

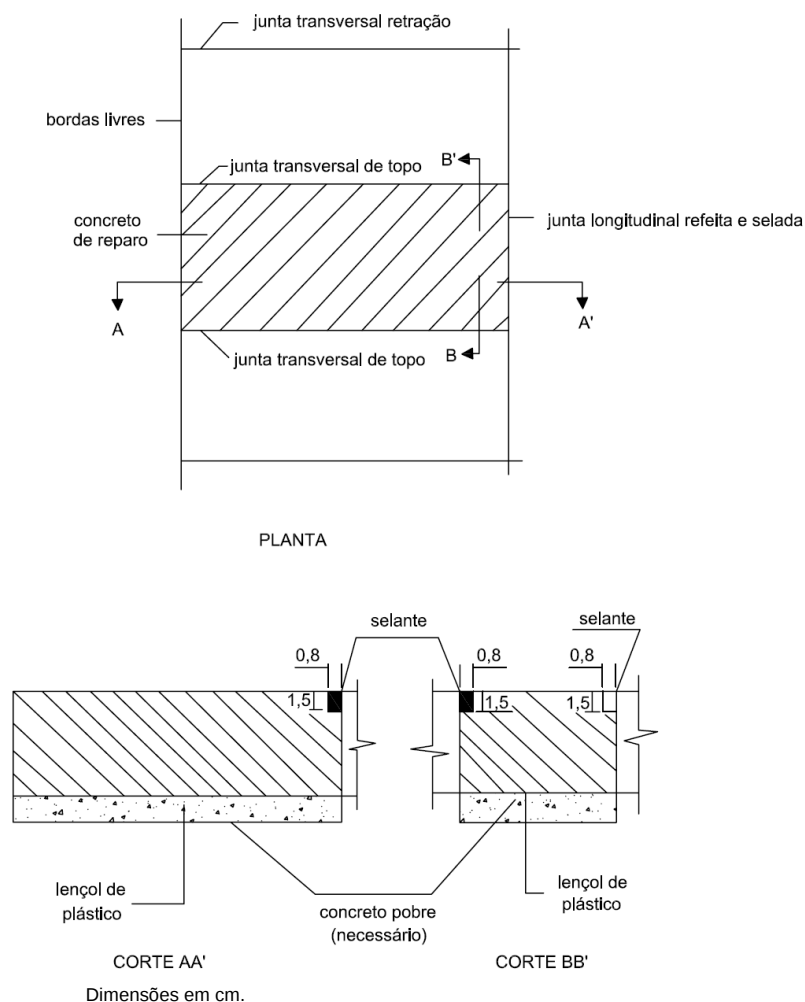
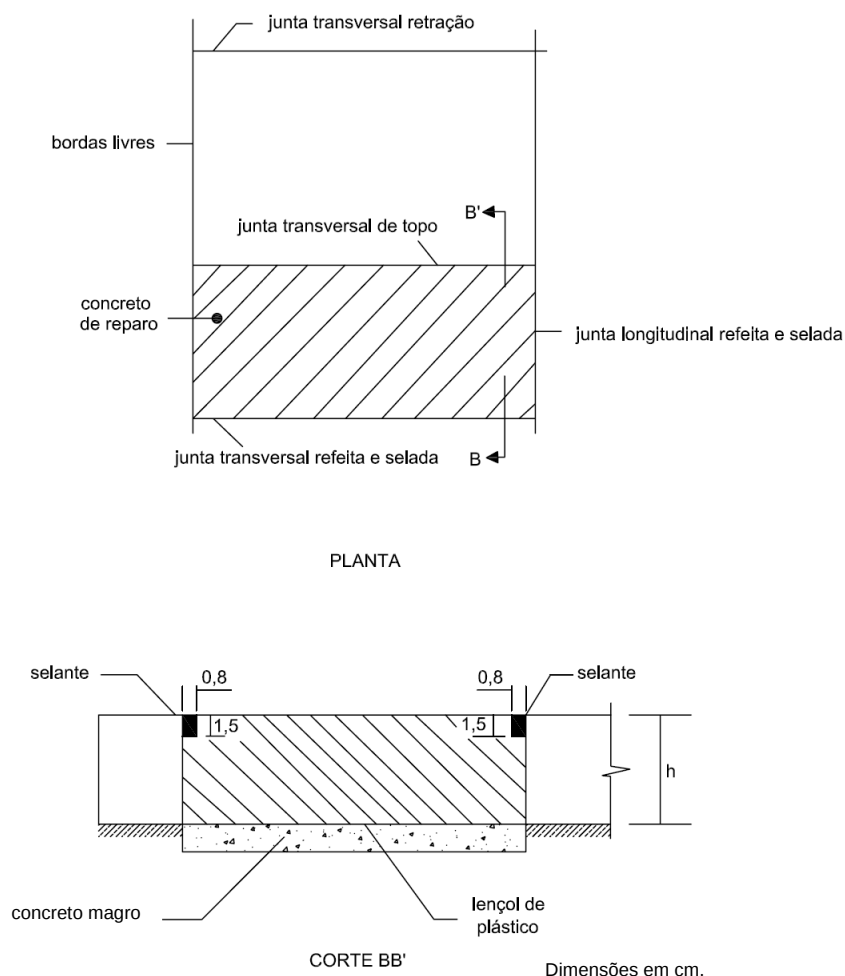


Figura 20 – Reparo que abrange toda a largura da placa, tangenciando a borda transversal



Caso se garanta a presença das barras de transferência nas juntas transversais, tanto na existente como nas novas juntas, formadas por inserção de novas barras, torna-se desnecessária a adoção de sub-base de concreto magro, conforme descrito nesta metodologia.

5.6.5. Fissuras de canto

Estas fissuras geralmente indicam deficiência da fundação, devendo ser feita a remoção da placa na região da fissura, adotando-se o procedimento indicado para a remoção parcial da placa junto às bordas longitudinal e transversal (Figura 17).

5.7. MÉTODO DE RECONSTITUIÇÃO TOTAL DA PLACA

Sempre que os defeitos existentes em uma placa atingir em uma área superior a $2/3$ da área da placa, esta deve ser totalmente removida e refeita.

Alguns defeitos tornam necessária a remoção total das placas, tais como:

Assentamentos;

Alçamento;

Placa dividida;

Grandes reparos em desagregação;

Buracos em grandes quantidades;

Defeitos já citados na Subseção 5.5 e que ocorrem em grandes quantidades e extensão em uma placa, quer isoladamente ou em conjunto com outros defeitos.

O processo executivo obedece a algumas condições particulares:

Para que não haja recalques diferenciais da nova placa em relação àquelas existentes, recomenda-se a execução de uma camada de concreto magro com 10 cm de espessura, aumentando assim a capacidade de suporte da fundação na região do reparo;

No entanto, esta recomendação é dispensável quando a sub-base é semi-rígida (solo-cimento, concreto magro, brita graduada tratada com cimento) e se encontra em perfeito estado;

As barras de transferência e de ligação podem ser mantidas, caso não estejam oxidadas;

As barras de transferência devem ter suas extremidades expostas, alinhadas, pintadas e engraxadas;

As paredes do reparo devem ser limpas com jato de ar, não havendo necessidade de aplicação da camada de ligação;

Os cuidados com a produção, lançamento, adensamento, acabamento e cura do concreto são os mesmos mencionados nas metodologias de reparos parciais;

As juntas devem ser refeitas e seladas;

Devem ser seguidas as mesmas recomendações da subseção 5.6.4.

5.8. TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

Quando houver a remoção parcial ou total da placa, deve ser feita a recuperação da fundação, caso haja esta necessidade. Esta recuperação da fundação deve seguir a seguinte metodologia:

Remoção do material da fundação, até uma espessura de, no mínimo, 10 cm;

Reforço da fundação, mediante a colocação de material adequado, que deve ser compactado, com ISC adequado;

Execução de uma camada de concreto magro, na espessura conveniente, para não alterar o greide do pavimento, tendo uma espessura de, no mínimo, 10 cm;

A execução da nova placa ou de um trecho parcial da placa existente deve ser feita como indicado na subseção 5.6.

6. RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

6. RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

6.1. INTRODUÇÃO

A recuperação de um pavimento é qualquer trabalho realizado neste pavimento que prolongue significativamente a sua vida útil, mantendo as condições de segurança do trânsito e o conforto dos usuários.

A recuperação de um pavimento implica nas seguintes atividades:

- a) Restauração ou reparação:** São reparos realizados em pequenas zonas de uma placa do pavimento, devendo ser feitos tão logo os defeitos apareçam;
- b) Reforço:** Consiste em executar-se um pavimento superposto ao existente, devendo este último ainda apresentar características estruturais satisfatórias;
- c) Reconstrução:** Consiste na demolição de uma ou várias placas do pavimento e a posterior reconstrução, o que deve ser feito quando for excessiva a quantidade de áreas defeituosas ou os tipos de defeitos existentes indicarem a impossibilidade de recuperação do pavimento, devido ao mesmo ter perdido a sua capacidade estrutural.

O reforço de um pavimento é a superposição de um pavimento de concreto sobre o pavimento de concreto existente, que se pressupõe não tenha sido dimensionado adequadamente, tanto o pavimento como a sua fundação, ou então por ter sido considerado um fluxo de tráfego de veículos, especialmente os comerciais, inferior ao atuante na rodovia existente e não ter sido levado em conta o aumento deste tráfego durante a vida útil do pavimento.

Tendo em vista que no Brasil os pavimentos rígidos são projetados para rodovias de tráfego mais intenso e pesado, não há registros suficientes da execução de recuperação de pavimentos rígidos por meio de outro pavimento rígido superposto, com o objetivo de prolongar a vida útil deste pavimento rígido existente.

A prática comum de recuperação de pavimentos de concreto no Brasil tem sido a restauração dos pavimentos existentes que apresentam defeitos e, no caso destes defeitos serem em grande quantidade ou com alto grau de severidade, costuma-se promover a reconstrução deste pavimento, com a demolição das placas defeituosas e construção de novas placas.

Para que uma recuperação atinja os seus objetivos, é necessário que ela seja feita na época certa, quando ainda é possível a sua realização.

Neste Manual já foram apresentados, nas seções anteriores, os procedimentos para a restauração e reconstrução dos pavimentos, em função das características, extensão e grau de severidade dos defeitos existentes.

Nesta seção 6, é tratada especificamente a recuperação de um pavimento rígido, mediante o seu reforço com outro pavimento rígido a ele superposto, que deve ser feito quando o pavimento antigo já estiver com a sua vida útil comprometida.

6.2. AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO PAVIMENTO EXISTENTE

A avaliação da condição estrutural do pavimento existente tem por objetivo definir se este pavimento necessita de reforço da estrutura por meio da execução de um pavimento superposto, porque somente os pavimentos que são estruturalmente inadequados é que devem ser reabilitados com reforço.

No Anexo D apresenta-se um modelo de formulário para o levantamento e avaliação das condições apresentadas por um pavimento existente.

Por meio de uma avaliação estrutural, é definido se o pavimento existente será capaz de suportar o tráfego futuro em um determinado período de tempo de projeto, sem que seja necessário o reforço da sua estrutura, podendo esta avaliação ser feita pelo Dynaflect (Anexo E) ou então pelo Falling Weight Deflectometer – FWD (Anexo F).

Complementando esta avaliação, devem ser determinadas, por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos, as características do pavimento existente, com o objetivo de estimar-se a sua vida estrutural remanescente.

A condição funcional do pavimento, que é a sua capacidade de satisfazer o usuário, deve ser avaliada nos seguintes aspectos:

Regularidade superficial e conforto de rolamento;

Resistência à derrapagem, quando seco e quando molhado;

Aparência;

Segurança do tráfego.

A avaliação da regularidade superficial e da resistência à derrapagem pode ser feita por meio do aparelho integrador IPR - USP - Maysmeter (Norma DNER-PRO 182/94) ou por meio de uma avaliação subjetiva por uma comissão de especialistas (Norma DNIT 063/2004-PRO).

No Anexo B, apresenta-se o critério atualmente adotado pelos órgãos rodoviários, na avaliação da regularidade superficial de um pavimento.

As condições de segurança são avaliadas pela macrotextura superficial do pavimento, conforme a Norma ASTM E 1845, através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m.

Esta avaliação deve ser feita, tanto no pavimento existente, como no pavimento superposto, depois da sua conclusão.

No caso de se concluir pela reabilitação do pavimento mediante a execução de um pavimento superposto, a solução mais adequada é a execução de um pavimento superposto de concreto, pois o reforço com uma capa asfáltica apresenta o inconveniente da reflexão das fissuras do pavimento rígido nesta capa.

Os passos seguintes a esta decisão são:

O projeto do pavimento superposto;

A restauração ou reconstrução do pavimento existente, incluindo o tratamento ou reforço da sua fundação, onde for necessário;

A execução do pavimento superposto.

6.3. TIPOS DE RECAPEAMENTO COM PAVIMENTO DE CONCRETO

Os tipos de recapeamento de um pavimento de concreto existente, com outro pavimento de concreto, dando origem a um pavimento superposto, podem ser conforme mostrado na Figura 21 adiante.

6.3.1. Pavimento superposto sem aderência

Nesta condição, é colocada uma camada de separação (que costuma ser de concreto asfáltico), entre o pavimento de concreto existente com espessura (h_e) e o novo pavimento superposto de concreto com espessura h_s (Figura 21-a).

6.3.2. Pavimento superposto com aderência parcial

Nesta condição, não ocorre uma perfeita aderência entre os dois pavimentos superpostos (Figura 21-b).

6.3.3. Pavimento superposto com aderência total

Nesta condição, o pavimento superposto e o pavimento existente devem ter a mesma capacidade estrutural de uma placa fictícia, com espessura igual a $h_e + h_s$ (Figura 21-c).

Se o pavimento existente for um pavimento flexível, a camada superposta de concreto deve ser concebida e dimensionada como um novo pavimento, no qual, o pavimento flexível funcionará como fundação.

Esta camada superposta de concreto tem, atualmente, a designação de Whitetopping, conforme a Norma DNIT 068/2004-ES e o Manual de Pavimentos Rígidos, do DNIT, de 2005 (IPR. Publ., 714).

O projeto das juntas do pavimento superposto de concreto deve ter características próprias a serem obedecidas, sendo eventualmente necessário o emprego de armadura distribuída.

A camada de recapeamento de concreto deve apresentar as seguintes características:

Resistência às tensões devidas ao tráfego, variações volumétricas e empenamento;

Superfície plana e desempenada, que confira ao pavimento a segurança ao tráfego e o conforto ao usuário;

Tenha uma durabilidade tal que exija um mínimo de manutenção durante a sua vida útil;

Viabilidade técnica e econômica.

Durante o tempo de utilização deste pavimento superposto, estas características devem ter o seguinte comportamento:

As resistências mecânicas devem crescer com o tempo;

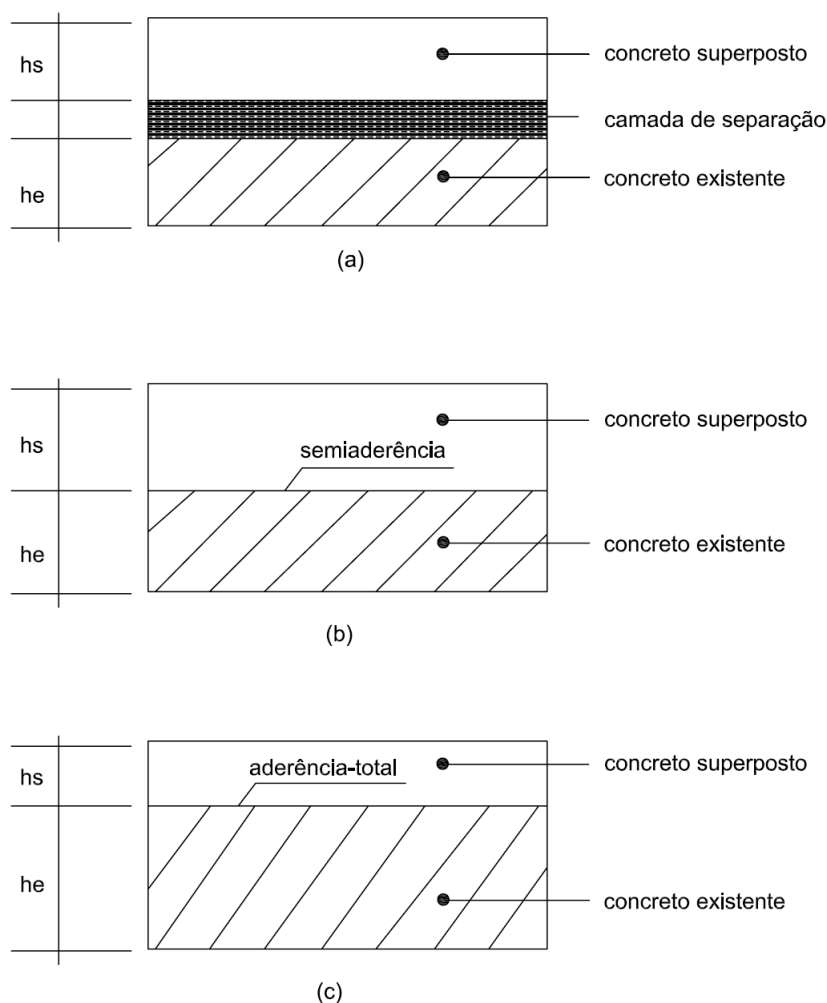
A qualidade da superfície de rolamento deve ter bom nível e permanecer a mais estável possível;

A necessidade de manutenção deve ser a mínima possível durante um período de tempo bastante longo;

Os custos globais deste pavimento devem apresentar um sensível decréscimo.

As espessuras mínimas usuais para o pavimento superposto não aderido, semiaderido e aderido, são respectivamente de 15,0 cm, 10,0 cm e 3,0 cm.

Figura 21 – Seções Transversais Típicas de Pavimentos Superpostos de Concreto
(a) não aderente; (b) semiaderente; (c) aderente



6.4. DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA DO PAVIMENTO SUPERPOSTO

A determinação da espessura necessária do pavimento superposto de concreto simples (Pitta, M.R., Projeto de Pavimentos Superpostos de Concreto), quando o pavimento existente também é de concreto simples, exige a definição prévia dos três parâmetros, a seguir:

Espessura e condição estrutural do pavimento existente;

Espessura de um pavimento equivalente e fictício de concreto, projetado sobre o terreno real da fundação e capaz de suportar as cargas previstas dentro do período de projeto do pavimento superposto a ser construído;

Grau de aderência entre o pavimento existente e o pavimento superposto.

Não são considerados neste Manual os pavimentos superpostos que sejam estruturalmente armados.

6.4.1. Espessura e condição estrutural do pavimento existente

A espessura e a condição estrutural do pavimento existente devem ser determinadas por meio de:

Inspeção visual;

Extração de testemunhos do concreto, para verificação das características mecânicas do concreto;

Execução de provas de carga e medidas de deformações, para verificar a capacidade de carga da estrutura e da sua capacidade em transmiti-la sem deformações diferenciais.

6.4.2. Espessura fictícia do pavimento equivalente

O cálculo da espessura do pavimento equivalente de concreto, capaz de suportar as cargas de projeto, pode ser feito pelo método da PCA 1984 ou PCA 1966 (Manual de Pavimentos Rígidos, do DNIT, de 2005).

No dimensionamento da espessura deste pavimento fictício, deve ser considerado como seu suporte apenas o subleito, e não as camadas intermediárias.

6.4.3. Grau de aderência

O grau de aderência entre os dois pavimentos (o existente e o que será construído) depende das condições em que se encontra a superfície do pavimento existente.

Para tanto, é estabelecido um coeficiente de correção C , que deve ser multiplicado pela espessura deste pavimento existente.

Este coeficiente tem os seguintes valores:

- a) $C = 1,00$: Quando o pavimento existente apresenta uma superfície sem defeitos estruturais.
- b) $C = 0,75$: Quando o pavimento existente apresenta uma superfície com defeitos estruturais de extensão limitada, que não mostrem progressão acentuada, tais como trincas incipientes devidas à ação do trêfego.
- c) $C = 0,35$: Quando o pavimento existente apresenta-se trincado ou fragmentado, com perda da capacidade de carga.

6.4.4. Espessura do pavimento superposto aderido

A espessura do pavimento superposto aderido pressupõe uma total aderência entre os dois pavimentos, de forma que o pavimento resultante se comporte como uma camada única, cuja espessura será igual à espessura da placa equivalente, capaz de resistir às cargas previstas.

Esta espessura é dada pela expressão:

$$h_s = h - h_e$$

em que:

h_s : espessura necessária para o pavimento superposto, em cm

h : espessura necessária para o pavimento equivalente de concreto, em cm

h_e : espessura do pavimento de concreto existente, em cm

No pavimento superposto aderido, não devem existir defeitos estruturais no pavimento existente, embora se admita a ocorrência de fissuras superficiais, escamamento e esborcinamento.

A aderência entre os dois pavimentos é obtida inicialmente pela limpeza da superfície do pavimento existente, para eliminação de detritos, sujeiras, óleos, grãos soltos etc. e, posteriormente, pela aplicação de produtos de colagem, que pode ser uma argamassa de cimento com emulsão adesiva de base acrílica ou epoxídica.

O cálculo da espessura “ h ” deve ser baseado na resistência à tração na flexão do concreto do pavimento antigo, não do pavimento superposto.

6.4.5. Espessura do pavimento superposto semiaderido e não aderido

No cálculo das espessuras dos pavimentos superpostos semiaderidos e não aderidos, são empregadas as expressões definidas pelo U.S. Army Corps of Engineers, indicadas a seguir:

$$h_s = \sqrt{h^2 - h_e^2} \quad (1)$$

ou

$$h_s = \sqrt{h^{1,4} - h_e^{1,4}} \quad (2)$$

A expressão (1) se aplica ao pavimento não aderido, supondo-se que o pavimento existente e o novo pavimento superposto têm a mesma rigidez e trabalham como se fossem dois pavimentos independentes, que se deformam da mesma maneira quando carregados.

A independência ou separação total entre os dois pavimentos é garantida pela introdução entre eles, de uma delgada camada, que pode ser de um material betuminoso ou de algum material de base ou sub-base tratado com cimento ou até mesmo granular.

Este tipo de pavimento pode ser adotado, qualquer que seja o estado estrutural ou superficial do pavimento existente, e não costuma haver reflexão, no pavimento superposto, das trincas existentes no pavimento antigo.

A expressão (2) foi desenvolvida pelo Corps of Engineers e foi definida a partir da análise e observação dos resultados obtidos nas pistas experimentais de Lockbourne (1944/46) e Sharonville (1954/55 e 1958/59).

Verificou-se que as espessuras obtidas pela expressão (1) eram maiores que as necessárias, devido ao fato de não haver uma total separação entre os dois pavimentos, havendo, portanto, certo grau de aderência entre eles, que tornavam os dois pavimentos dependentes entre si.

A consequência desta não aderência total é que a espessura do pavimento superposto se tornava menor.

Em resumo, a expressão (1) é destinada aos pavimentos superpostos não aderidos, o que costuma ser difícil de ser obtido, enquanto a expressão (2) se aplica aos pavimentos superpostos semiaderidos.

No cálculo da espessura do pavimento superposto, deve também ser levada em consideração, a condição estrutural e superficial do pavimento existente, mediante a utilização do coeficiente de correção “C” relacionado com o grau de aderência entre estes dois pavimentos, que consta na subseção 6.4.3.

Estas expressões passam a ser:

$$h_s = \sqrt{h^2 - C \cdot h e^2} \quad (1)$$

ou

$$h_s = \sqrt{h^{1,4} - C \cdot h e^{1,4}} \quad (2)$$

Nota: Ver referências Bibliográficas “a”, “v”, “w” e “x”.

6.5. PROJETO DE JUNTAS NO PAVIMENTO SUPERPOSTO

A locação das juntas no pavimento superposto depende do grau de aderência entre este pavimento e o pavimento antigo.

Quando o pavimento superposto é aderido, as suas juntas devem ter a mesma locação e serem do mesmo tipo das existentes no pavimento antigo.

No caso do pavimento semiaderido, é obrigatória a coincidência das juntas, não sendo necessário que elas sejam do mesmo tipo.

A principal vantagem do pavimento superposto não aderido é justamente a sua completa independência em relação às juntas do pavimento existente.

A paginação das juntas do pavimento superposto pode ser diferente daquela projetada para o pavimento antigo.

Se houver necessidade de um alargamento da pista existente, para aumentar a largura da faixa de tráfego, deve-se seguir o esquema apresentado na Figura 22, adiante, devendo distribuir-se igualmente o aumento da largura, com metade para cada lado da pista, ficando a junta longitudinal do pavimento superposto localizada justamente sobre a junta longitudinal existente.

Quando o acréscimo de largura do pavimento for maior, caracterizando uma nova faixa de tráfego, o projeto deve seguir as diretrizes mostradas na Figura 23, adiante, criando-se uma nova junta longitudinal no pavimento superposto.

Tanto no caso da Figura 22 como no da Figura 23, recomenda-se a colocação de barras de ligação nas juntas longitudinais do pavimento superposto, determinando-se o peso do concreto da metade da pista, por metro, conforme indicado na expressão a seguir:

$$W = [L_a / 2 \times h_s + L_b / 2 \times h] \times \gamma$$

em que:

W : peso do concreto por metro, metade da pista, em kgf/m;

L_a: largura existente total, em m;

L_b: largura excedente total, em m;

h_s: espessura necessária para o pavimento superposto, em m;

h: espessura necessária para o pavimento equivalente de concreto, em m;

γ: massa específica do concreto, de 2400 kgf/m³.

A área necessária de aço para as barras de ligação, em cm²/m é calculada pela expressão:

$$A_s = \frac{f \times W}{0,75 \times S}$$

em que:

As: área de aço necessária para as barras de ligação, em cm²/m;

f : coeficiente de atrito, de 1;

S : tensão admissível de tração no aço, em kgf/cm².

No caso de a fissuração do pavimento existente ser muito intensa, sugere-se o emprego de armadura distribuída no pavimento superposto, calculada a partir da expressão:

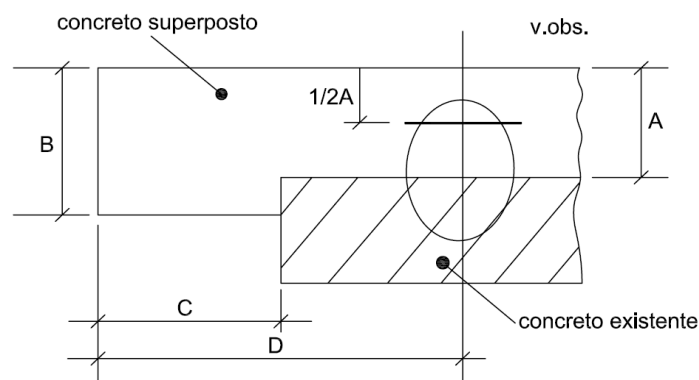
$$A_s = \frac{f \times L \times W}{2 \times S}$$

em que:

As: área de aço necessária para a armadura distribuída, em cm²/m;

L : comprimento ou largura da placa superposta, em m.

Figura 22 – Seção transversal típica de pavimento superposto de concreto, quando o alargamento é menor do que a largura de uma faixa normal de tráfego



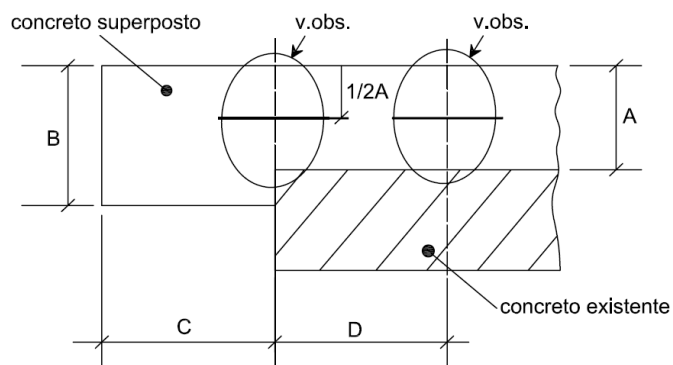
		mínimo (m)	máximo (m)
A	NA	0,15	-
	SA	0,10	-
	A	0,03	-
B		0,15	0,25
C		0,30	1,50
D		2,20	3,75

NA: NÃO ADERIDO
SA: SEMIADERIDO
A: ADERIDO

OBS:

- 1) A junta longitudinal do pavimento superposto de concreto poderá ser do tipo encaixe ou seção enfraquecida, dependendo do processo de execução.
- 2) É necessária a barra de ligação, a não ser quando houver plena contenção lateral do pavimento (meio-fio por exemplo).

Figura 23 – Seção transversal típica de pavimento superposto de concreto, quando o alargamento é igual a largura de uma faixa normal de tráfego

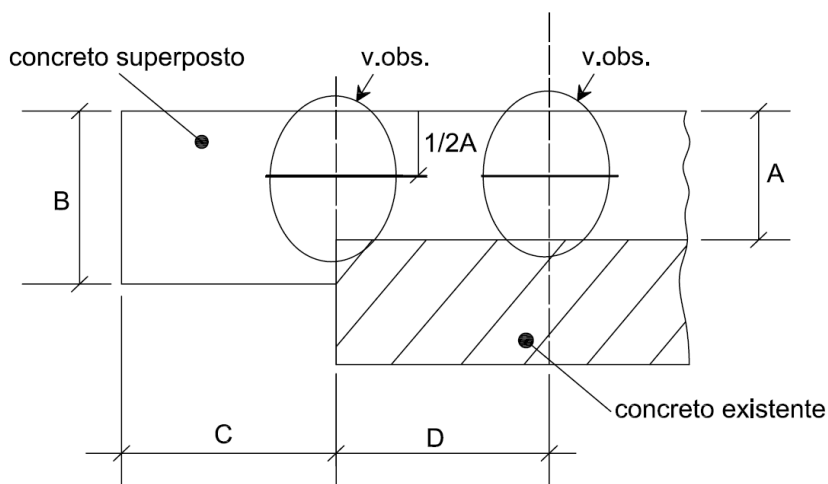


	mínimo (m)		máximo (m)
A	NA	0,15	-
	SA	0,10	-
	A	0,03	-
B	0,15		0,25
C	2,40		3,75
D	2,20		3,75

OBS:

- 1) A junta longitudinal do pavimento superposto de concreto poderá ser do tipo encaixe ou seção enfraquecida, dependendo do processo de execução.
- 2) É necessária a barra de ligação, a não ser quando houver plena contenção lateral do pavimento (meio-fio por exemplo).

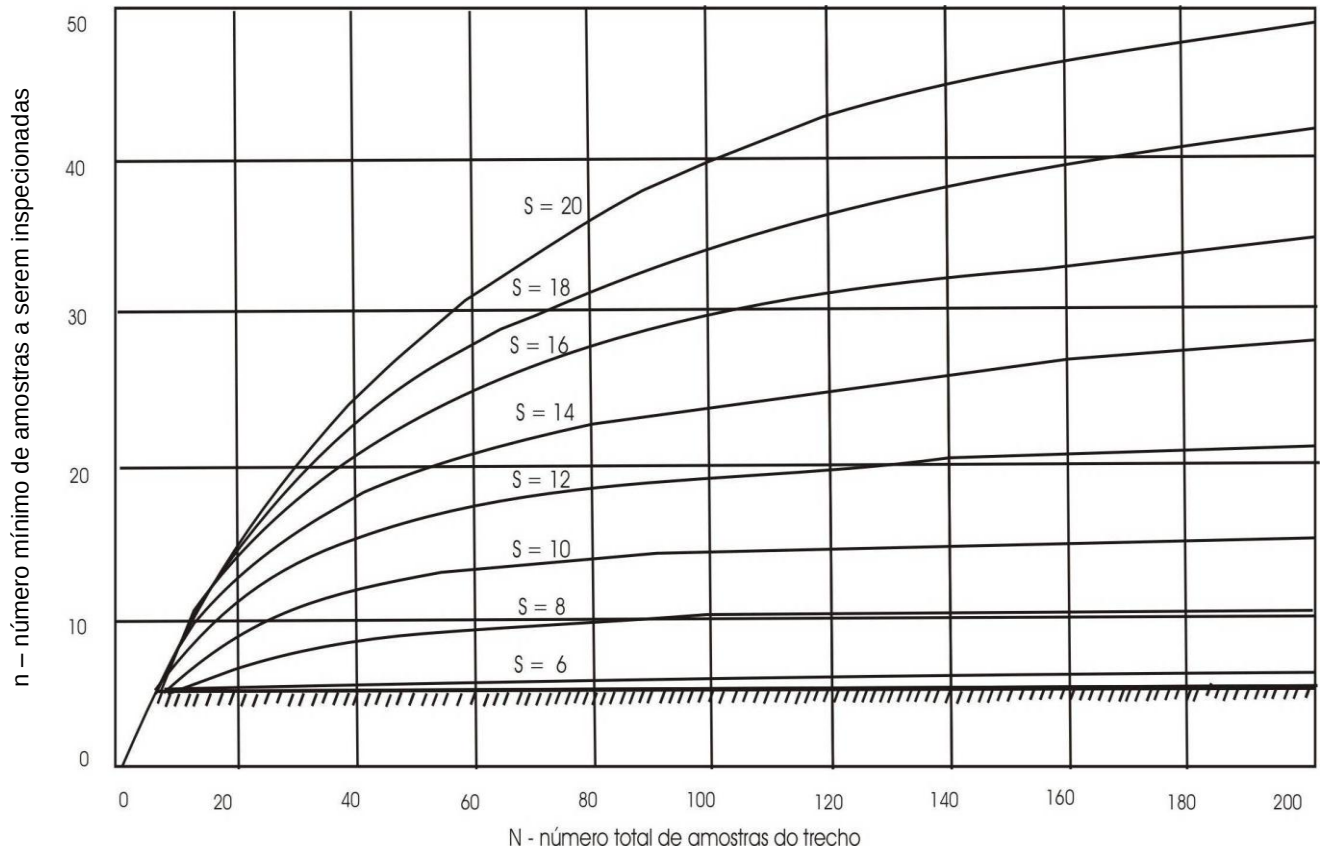
NA: NÃO ADERIDO
SA: SEMIADERIDO
A: ADERIDO



ANEXOS

ANEXO A

Determinação do número mínimo de amostras (n) ($e = \pm 5$)



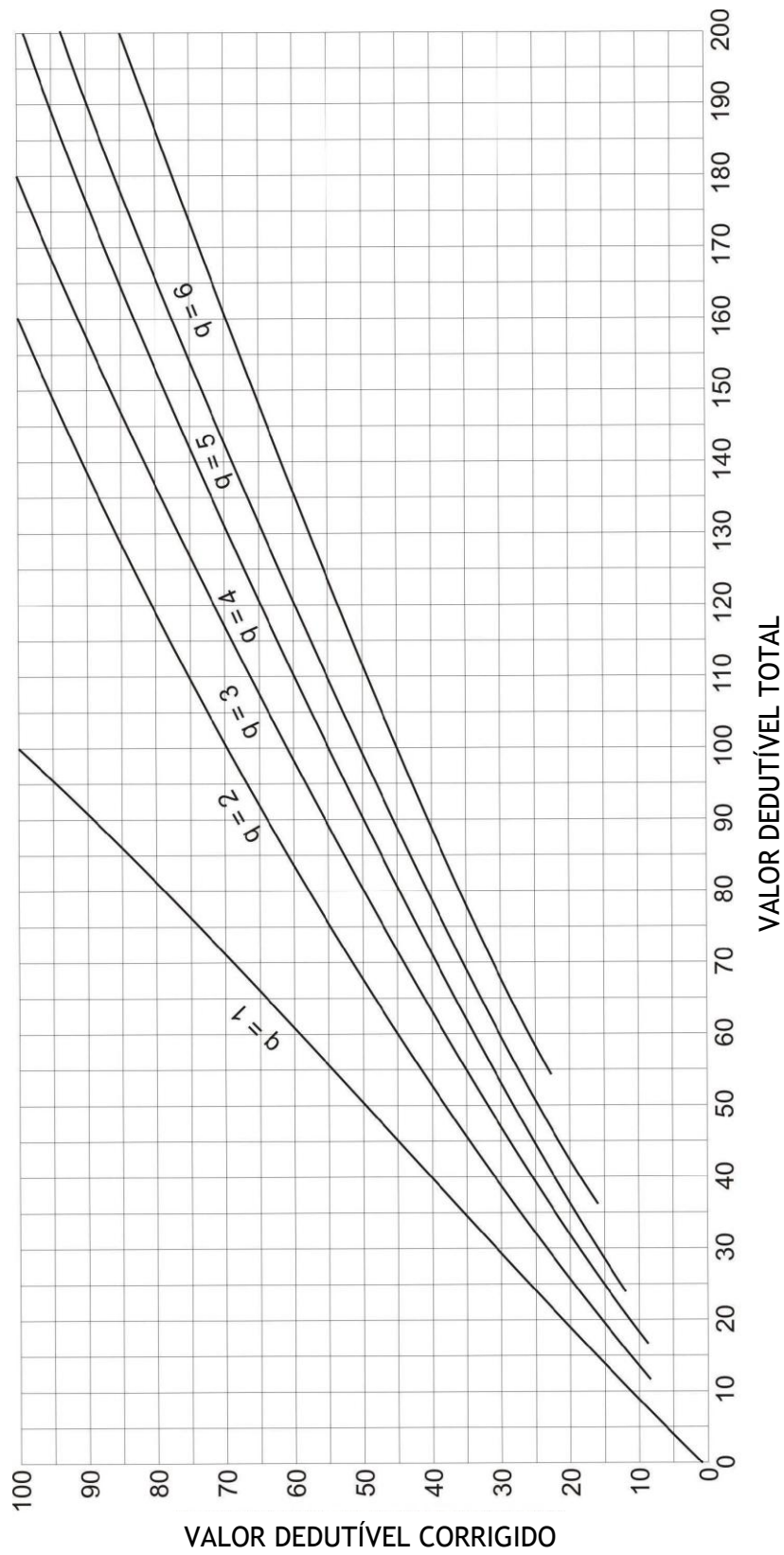
ANEXO B

Ficha de inspeção – exemplo

PAVIMENTO : xxxxxxxx		TRECHO: _____ km xx a km yy		DATA _____ xx / xx / xxxx	
AMOSTRA Nº _____ xx		MEDIDA / PLACA (m) _____ c x L			
Nº PÁGINAS : _____ xx		Nº DE ANEXOS : _____ xx		CHEFE DA EQUIPE : _____ xxxxx	
ASSINATURA DO ENGº RESPONSÁVEL : _____				X X X	

Placa Nº	pista 1	pista 2	TIPOS DE DEFEITOS					
			TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUTÍVEL	
1	10 B		1 . Alçamento de placas					11 . Bombeamento
			2 . Fissura de canto					12 . Quebras localizadas
2	10 B		3 . Placa dividida					13 . Passagem de nível
			4 . Degrau de junta					14 . Rendilhado e escamação
3	1B 13 M	1 B 13 M	5 . Defeito na selagem das juntas					15 . Fissuras de retração plástica
			6 . Desnível pavimento acostamento					16 . Quebra de canto
4	1B 13 M 2 A 10 B	1 B 13 M	7 . Fissuras lineares					17 . Esborcinamento de juntas
			8 . Grandes reparos					18 . Placa bailarina
5	11A	11A	9 . Pequenos reparos					19 . Assentamento
			10 . Desgaste superficial					20 . Buracos
7	2 B 10 B							
8	2 A 10 B							
9	10 B	15 A						
10	18 B		VALOR DEDUTÍVEL TOTAL					93
			VALOR DEDUTÍVEL CORRIGIDO (VDC) q = 4					52
IPC = 100 - VDC = 100 - 52 = 48 CONCEITO razoável								

ANEXO C



Fonte: CERL (1979)

NOTA: q = número de valores dedutíveis superiores a 5, considerando o maior valor para cada tipo de defeito.

ANEXO D

MODELO DE FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS E AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA ESCOLHA DO PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DESTE PAVIMENTO

1 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

- Defeitos Existentes

☐ Nenhum ou poucos defeitos associados à capacidade de carga do pavimento (defeitos estruturais)

☐ Incidência moderada de defeitos associados à capacidade de carga dos pavimentos (defeitos estruturais)

☐ Grande incidência de defeitos associados à capacidade de carga do pavimento (defeitos estruturais)

- Deficiência estrutural do pavimento (perda da capacidade de suportar as cargas solicitantes)

☐ Sim

☐ Não

2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

- Regularidade Superficial

☐ Muito Boa

☐ Boa

☐ Regular

☐ Ruim

☐ Muito Ruim

- Índice de serventia atual (PSI)/taxa de serventia atual (PSR)

– Valor _____

– Conceito _____

- Resistência à derrapagem

☐ Adequada

☐ Questionável

☐ Insatisfatória

3 VARIAÇÃO OBSERVADA NAS AVALIAÇÕES EFETUADAS

- Ocorre variação sistemática ao longo da rodovia

☐ Sim

☐ Não

- Ocorre variação localizada ao longo da rodovia

☐ Sim

☐ Não

4 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO

- Pluviosidade: regime, intensidade etc.
- Temperatura: máxima, mínima etc.

5 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DRENAGEM

- Superficial:
- Subsuperficial:
- Profunda:

6 AVALIAÇÃO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO PAVIMENTO

- Concreto simples:
- Sub-base:

7 AVALIAÇÃO DO SUBLEITO

- Capacidade de suporte:
- Expansabilidade:
- Umidade:

8 AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO JÁ EFETUADOS

☐ Nenhuma manutenção

☐ Pouca manutenção

☐ Grande manutenção

- A inexistência ou inadequação dos serviços de manutenção contribuiu para a deterioração do pavimento?

☐ Sim

☐ Não

9 AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE DE DETERIORAÇÃO DO PAVIMENTO

- Curto prazo

☐ Alta

☐ Média

☐ Baixa

- Longo prazo

☐ Alta

☐ Média

☐ Baixa

10 CONTROLE DO TRÁFEGO EM PERÍODO DE OBRA

- A rodovia poderá ser fechada?
- Existem desvios?
- A execução poderá ser feita por faixa?
- A construção poderá ser feita fora das horas de pico?

11 AVALIAÇÃO DA GEOMETRIA E DA SEGURANÇA DA RODOVIA

- Capacidade atual de escoamento de tráfego

☐ Adequada

☐ Inadequada

- Capacidade futura de escoamento de tráfego
 - ☐ Adequada
 - ☐ Inadequada
- É necessário alargamento imediato da rodovia?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Localizar os “pontos críticos” da rodovia
- Outros problemas
- Discriminar problemas com obras-de-arte em geral

12 ANÁLISE DE TRÁFEGO

- Tráfego médio diário
- Tráfego médio diário de veículos comerciais
- Levantamento de frequência e distribuição das cargas por eixo

13 AVALIAÇÃO DO ACOSTAMENTO

- Boas condições

☐ Sim
LE

☐ Não

- Boas condições

☐ Sim
LD

☐ Não

- Tipo de Defeito

ANEXO E

ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA BACIA DE DEFLEXÃO NO PAVIMENTO PELO DYNAFLECT

E.1. OBJETIVO

O Dynaflect é um equipamento que aplica uma carga vibratória na superfície do pavimento de concreto e mede a deflexão causada no pavimento por esta carga. A medida da deflexão do pavimento é realizada a diversas distâncias do ponto de aplicação da carga, o que permite traçar a curva de deflexão no ponto, vulgarmente denominada por “bacia de deflexão”.

Em função da curva de deflexão obtida, poderão ser realizadas outras determinações, consideradas como objetivos específicos do ensaio, tais como a caracterização da deformabilidade dos materiais das diversas camadas que compõem o pavimento, a detecção de vazios sob a placa de concreto, a avaliação do grau de transferência de carga nas juntas e fissuras transversais do pavimento e, finalmente, as condições de suporte da fundação.

E.2. APARELHOS

O Dynaflect é um equipamento montado em um veículo do tipo reboque (“trailer”), constituído de dispositivos para aplicação de carga no pavimento e para a determinação da deflexão por ela causada.

A carga aplicada é dinâmica (vibratória), devendo ser constante e igual a 44520 N, com frequência de 8 Hz. Ela é aplicada por meio de observação dos resultados obtidos para a deflexão. Os resultados que apresentarem uma distribuição normal pertencerão a um mesmo lote de amostragem.

Nos pavimentos onde for constatada uma grande uniformidade nas características do material de fundação, a quantidade de determinação de deflexão pode ser reduzida. Ao invés de se realizar uma determinação por trecho entre discontinuidades, podem ser feitas determinações em trechos escolhidos ao acaso, determinando-se, a cada valor obtido, a média e o desvio padrão da distribuição. Quando for observada uma constância nesses parâmetros, a amostragem deste trecho de fundação uniforme estará concluída.

Para a verificação da ocorrência de vazios, deverá ser determinada a deflexão em pontos localizados a 1,0 m da borda do pavimento e na mesma seção transversal onde foi determinada a deflexão no centro da placa. A amostragem, neste caso, poderá seguir o mesmo critério estabelecido, ou então poderá ser reduzida, caso não seja significativa a ocorrência de vazios.

Para outros fins, tais como verificação de espessura, transferência de carga nas juntas e trincas, o critério de amostragem deve ser estabelecido no campo, em função das condições do pavimento e das necessidades do projeto de recuperação.

E.3. FATORES DE ERRO

Na determinação da deflexão, devem ser considerados alguns fatores que influem no resultado da deflexão, devendo-se providenciar as correções. Estes fatores de erro são:

Condições ambientais: A temperatura ambiente e a sazonalidade causam significativas diferenças no resultado da deflexão determinada próxima às bordas do pavimento e são insignificantes na deflexão determinada no centro da placa. Para tanto, é conveniente que os ensaios sejam realizados à noite ou nas primeiras horas da manhã.

Repetibilidade/reprodutibilidade: Esta causa de erro é decorrente das características do equipamento e de suas condições de operação, devendo, portanto, ser reduzida a valores insignificantes, mediante a realização dos ajustes necessários no equipamento e na sua operação.

Presença de camada rígida na fundação: Esta causa de erro pode ser corrigida, caso a profundidade da camada rígida seja conhecida, pelo emprego de equações de regressão apropriadas.

Variação da espessura da placa: A variação de $\pm 6,3$ mm ($1/4''$) na espessura do pavimento acarreta uma variação de aproximadamente 2,5% na deflexão máxima determinada no pavimento. O aumento na espessura do pavimento causa uma redução no valor da deflexão.

E.4. APLICAÇÃO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DA DEFLEXÃO

Após a instalação do equipamento no local de ensaio, é aplicada a carga e anotada a deflexão acusada em cada geofone. A deflexão máxima (W), considerada como valor da deflexão do ponto ensaiado, é a deflexão apresentada pelo geofone localizado sob o eixo das rodas de carregamento. Os valores de deflexão apresentados pelos demais geofones permitem plotar a curva de deflexões ou bacia de deflexões no ponto. No traçado desta curva, deve ser considerado ser ela simétrica em relação ao ponto de deflexão máxima.

A deflexão é expressa em “mm” ou em “mils”, sendo 1 mils igual a 0,0524 mm.

E.5. DETERMINAÇÕES ADICIONAIS

Para interpretação dos resultados obtidos no ensaio Dynaflect, são necessárias, quando possível, as seguintes determinações no pavimento e sua fundação:

- a) Espessura da placa de concreto e das camadas que compõem a fundação.
- b) Módulo de deformação e Coeficiente de Poisson dos materiais das diversas camadas que compõem o pavimento, inclusive do subleito.
- c) Profundidades de camadas rígidas que ocorrem na fundação.
- d) Módulo de reação da fundação (k) e sua variação ao longo do eixo longitudinal do pavimento.

E.6. RESULTADOS

Em função dos resultados obtidos no ensaio Dynaflect, em pontos localizados na borda e no centro da placa e nas juntas ou trincas, poderão ser determinadas as características dos materiais das camadas dos pavimentos, a ocorrência de vazios sob a placa, a variação da espessura da placa e as condições de transferência de carga nas juntas e trincas.

Para estas determinações, devem ser utilizados programas específicos.

No caso da caracterização dos materiais da fundação, podem ser estimados inicialmente valores para os Módulos de Deformação e os Coeficientes de Poisson para estes materiais e, a partir deles e utilizando programa específico, determinar a curva teórica de deflexão. Se esta curva teórica aderir perfeitamente à curva determinada no ensaio, as estimativas de Módulo de Poisson foram corretas. Se não houver aderência, devem ser estimados novos valores para o Módulo de Poisson, até que seja obtida uma curva teórica que apresente aderência satisfatória à curva obtida no ensaio.

A ocorrência de vazios sob a placa pode ser avaliada mediante a observação da diferença entre as deflexões obtidas próximas à borda e no centro da placa.

Da mesma forma, é avaliada a transferência de carga nas juntas e trincas, sendo precária esta transferência, quando existirem significativas diferenças entre deflexões máximas obtidas em cada lado das juntas ou trincas ensaiadas.

ANEXO F

ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DAS BACIAS DE DEFLEXÃO NO PAVIMENTO PELO FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER – FWD

F.1. OBJETIVO

O Falling Weight Deflectometer – FWD é um equipamento usado para produzir uma carga que simula, muito proximamente, o efeito de uma carga móvel de pneu.

A carga é aplicada ao pavimento através de uma placa circular de carregamento.

A carga aplicada, que é medida por uma célula de carga montada junto com a placa de carregamento, causa uma deflexão na superfície do pavimento.

Essa deflexão é medida pelos transdutores sísmicos em 07 (sete) pontos, para a avaliação da assim chamada bacia de deflexão, tornando possível a determinação de módulos de elasticidade de estruturas de pavimentos com camadas múltiplas.

O FWD pode ser rebocado por um veículo e toda a sequência de ensaio é controlada do banco do motorista, através de um teclado de computador.

O computador é interligado ao equipamento através de um processador, que controla a operação do FWD, recebendo e processando os sinais provenientes dos transdutores, por meio de um cabo que conecta os dois equipamentos.

F.2. APARELHAGEM

O FWD é uma unidade montada sobre um “trailer” rebocável, com um conjunto modular de pesos de até 350 kgf, capaz de produzir pulos de carga variando de 7 a 120 KN (pico) (680 a 12240 kgf), essencialmente em forma semissenoidal, com duração de 25 a 30 milissegundos, composto ainda de:

- Célula de carga, instalada sobre a placa circular (diâmetro opcional de 300 ou 450 mm) de carregamento, que mede a carga aplicada;
- Sete deflectores sísmicos (geofones), montados alinhadamente sobre uma barra levadiça de 2,25 m de comprimento, que medem pontos da bacia de deflexão;

A célula de carga, os deflectores e os sinais são conectados ao sistema eletrônico no veículo por um “cabo de sinal múltiplo”.

O eixo-guia do peso é perpendicular à superfície do pavimento, tanto no modo de ensaio como no modo de transporte, e a placa de carregamento pode mover-se até um ângulo de seis graus em relação à superfície do pavimento;

- Sistema processador, que é interfaceado com o computador portátil e executa as seguintes tarefas principais:

Controlar a operação do FWD;

Controlar e processar os 8 (oito) sinais provenientes dos 7 geofones e da célula de carga;

Registrar os valores de pico, bem como até 300 mostragens dos sinais provenientes para subsequente transmissão ao microcomputador;

- Computador, usado para controlar interativamente o sistema de ensaio FWD, através de uma interface com o sistema processador;

O teclado do microcomputador é usado para entrada de dados de ensaios gerados pelo sistema processador. Todos os dados de ensaio gerados pelo sistema processador podem ser mostrados no vídeo, impressos e/ou armazenados em disco magnético, para futuro processamento ou documentação;

- Termômetro de medida da temperatura ambiente;

- Instrumento de medida de temperatura da superfície do pavimento;

- Odômetro de precisão (parcial), para medida de distância entre estações de ensaio.

F.3. EXECUÇÃO DO ENSAIO

a) Localização das estações de ensaio

A estação deve localizar-se transversalmente na rodovia, sobre a trilha de roda externa da faixa de tráfego, conforme distância pré-fixada da borda do revestimento, de acordo com a Tabela F.1 a seguir:

Tabela F.1 – Localização das estações de ensaio

Largura da faixa de Tráfego	Distância da Borda do Revestimento
2,70	0,45
3,00	0,60
3,30	0,75
3,50	0,90

Longitudinalmente, os levantamentos devem ser executados a espaços de 40 a 120 metros, conforme a homogeneidade das deflexões apresentadas pelo pavimento.

b) Sequência de teste

A sequência de teste é identificada e programada através do teclado do microcomputador (identificação do local, altura de queda e o número de ensaios por ponto etc.).

Quando o operador aciona o comando “Start”, a placa de carregamento e o suporte dos transdutores são abaixados até a superfície do pavimento. A carga é aplicada pela liberação em queda livre do conjunto de pesos, de uma altura de queda pré-estabelecida (4 possíveis), sobre uma determinada área (placa de carga), durante um intervalo de tempo de aproximadamente 30 milissegundos (ensaio dinâmico), simulando-se a pressão de contato do semieixo (roda dupla) para um determinado carregamento de projeto e, após isto, tanto os geofones como a placa de carregamento são suspensos.

São administrados pelo menos três níveis de carregamento em cada estação de ensaio, sendo um acima e outro abaixo daquele definido como a pressão de contato.

Um sinal “bip” indica que o equipamento pode prosseguir para o próximo ponto de ensaio. Cada sequência de ensaio tem a duração aproximada de 40 segundos.

O conjunto de dados coletados (valores de pico das medidas das deflexões) é apresentado no microcomputador para sua inspeção imediata e depois armazenado em disco, junto com as informações cadastrais características do trecho.

Enquanto o Sistema Processador 9000 rapidamente processa e mostra no visor (“display” de cristal líquido), as respostas de cada transdutor analógico, é possível obter-se a série histórica de todos os 8 sinais (a carga mais as sete deflexões) apresentada no vídeo ou gravada em disco.

F.4. RESULTADOS

Em termos gerais, o conjunto de dados resultantes de um ensaio realizado pelo FWD pode ser utilizado para obter-se informações diretas e apreciáveis sobre o módulo elástico de estrutura do pavimento. Essa informação pode, por sua vez, ser usada numa análise estrutural para avaliação da capacidade de suporte ou para a estimativa da vida útil da estrutura de pavimento em questão.

Para questões rotineiras, são utilizados os sistemas ELMOD (para pavimentos flexíveis) e ELCON (para pavimentos rígidos) para micros PC.

Esses programas são capazes de compilar os dados coletados com o FWD, determinar os módulos das camadas, calcular a expectativa de sobrevida e o reforço baseado nas dadas condições climáticas e de carregamento e calcular os dados estatísticos, para dimensionamento estruturalmente uniforme das camadas do pavimento.

Para estruturas mais complexas, especialmente naquelas onde se levam em conta as propriedades elásticas não lineares de materiais granulares, dispõe-se do programa ISSEM 4, para microcomputadores PC compatíveis, que se baseia na abordagem interativa de elementos quase finitos para o cálculo do módulo a partir das deflexões medidas e da carga aplicada.

F.5. PROGRAMA ESTRUTURAL PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO

Os programas ELCON (Dynatest) e RPEDD1 (University of Texas) permitem a avaliação estrutural e o projeto de reforço de pavimento rígidos.

No programa RPEDD1, a tensão horizontal de tração máxima (σ_c) sob a placa de concreto é calculada usando-se o programa ELSYM5, sob a carga de projeto, sendo então corrigida em função das descontinuidades do pavimento pelo uso do parâmetro de tensão crítico (C_p), recomendado por Seeds et al (1982). A vida residual (R_L , em porcentagem) é estimada por:

$$R_L = [1,0 - (n_{18}/N_{18})] \times 100$$

Onde n_{18} é o numero de eixos de 18.000 lb que já passaram e N_{18} é o número máximo de aplicações desse eixo, calculado pela seguinte equação de fadiga para pavimentos de concreto:

$$N_{18} = 46.000 [S/(C_p \cdot \sigma_c)]^{3,0}$$

Com S e σ_c em psi

O sistema Dynatest utiliza o programa ELCON (ELMOD for concrete) para avaliação estrutural a partir do FWD e projeto de restauração de pavimentos de C.C.P. (Concreto de Cimento Portland).

Para cada placa, um ensaio com FWD é executado no interior e em uma ou mais juntas e/ ou cantos da placa. Durante o ensaio nas juntas ou cantos os sensores são colocados, de modo que as deflexões nos dois lados da junta sejam medidas simultaneamente. Preferencialmente, os ensaios devem ser realizados à noite ou nas primeiras horas da manhã, quando o gradiente de temperatura na placa é pequeno. Assegura-se, assim, que os módulos da placa de C.C.P. e do subleito são determinados corretamente. Nestes mesmos períodos, a placa estará empenada para cima, com as juntas abertas. As juntas e os cantos estarão, portanto, no seu estado mais crítico. Para detecção de vazios nas juntas ou nos cantos, devem ser realizados testes adicionais com a placa não curvada para cima (como durante a tarde).

O programa ELCON permite considerar um sistema de duas ou três camadas. Na maioria dos casos, um pavimento de C.C.P. deve ser tratado como um sistema de duas camadas, uma vez que qualquer base ou sub-base tem pequena influência na forma da bacia de deflexões, comparada com a influência do C.C.P. e do subleito.

As deflexões são influenciadas predominantemente pelo subleito. Assim, seu módulo deve ser determinado com grande acurácia, para se evitar grandes erros no módulo do C.C.P. Por esta razão, é necessário considerar qualquer não linearidade existente no subleito, bem como a presença de uma camada rígida a pequena profundidade, como é feito pelo programa ELCON, seguindo a mesma metodologia do programa ELMOD.

Para avaliar as condições nas juntas e nos cantos com o ELCON utiliza-se as equações “novas” de Westergaard (1948). Utilizando-se o módulo do C.C.P. determinado pela análise elástica, o programa calcula primeiro o módulo de reações do subleito (k) no centro da placa. Admitindo-se o mesmo módulo do C.C.P. nas juntas e cantos, como determinado no teste no interior da placa, os valores de k são calculados nesses pontos. O grau de transferência de carga é, também, calculado e considerado na determinação dos valores de k nas juntas.

Se o valor de k em uma junta ou canto é baixo em relação ao valor determinado no centro, tem-se uma indicação de um suporte ruim da fundação.

O grau de transferência de carga entre placas (%LT) é calculado pelas equações de Westergaard, de modo que:

$$Z_j - Z'_j = \frac{(1 - \%LT) \times (Z_e - Z'_e)}{100}$$

Onde Z_j e Z'_j são as deflexões das placas carregadas e sem carga na junta, e Z_e e Z' são as deflexões correspondentes que ocorreriam nos mesmos pontos, se a junta não tivesse nenhuma capacidade de transferência de tensões.

Uma vez que as propriedades fundamentais do pavimento de C.C.P. tenham sido determinadas, as tensões máximas de tração no concreto causadas pela carga de projeto podem ser calculadas.

Tradicionalmente, as relações de fadiga para o C.C.P. têm sido determinadas em laboratório e expressas por relações do tipo:

$$N = \left(\frac{f_c}{\sigma} \right)^p$$

Onde f_c é o módulo de ruptura. Os resultados de laboratório indicam que p varia de 20 a 30, enquanto que os valores correspondentes às observações de pistas experimentais apontam que pode ser da ordem de 4 ou menos. Em vista dessas diferenças, conclui-se que tais relações devem ser derivadas empiricamente.

No cálculo da vida residual (e espessura de reforço necessária), o programa ELCON utiliza a relação:

$$N = A \times \left(\frac{f_c}{\sigma} \right)^p$$

Onde A , p e f_c são controladas pelo usuário. O critério de ruptura pode ser estrutural (trincamento) ou funcional (irregularidade). O valor de f_c pode ser calculado por:

$$f_c = B \times (E/E')^c$$

Onde E é o módulo do C.C.P e o E' é um módulo de referência.

A deterioração de cada carga de eixo do tráfego, para cada estação climática, é somada utilizando-se a lei de Nuner.

Em vista das dificuldades (ou, em alguns casos, impossibilidade) de se relacionar a deterioração funcional dos pavimentos rígidos com o critério de fadiga do C.C.P. (devido aos diversos modos de deterioração), o programa ELCON utiliza um modelo que relaciona o desempenho funcional com a tensão máxima de compressão na fundação de suporte:

$$\sigma = A \times (R \times N)^B \times (E/E')^C$$

Onde:

σ = tensão admissível na camada não tratada, no interior da placa;

R = fator regional;

N = número de repetições de carga para causar a queda do PSR de 4,5 a 2,5;

E = módulo da fundação de suporte;

E' = módulo de referência;

A , B e C = constantes, controladas pelo usuário.

Com base em uma análise da “AASHO Road Test” estendida e em uma avaliação estrutural de trecho da “Interstate Highway in North Dakota”, os seguintes valores foram sugeridos:

$A = 70 \text{ Mpa}$ ($E' = 160 \text{ MPa}$)

$B = - 0,47$

$C = 1$, quando $E > E'$

$C = 1,16$, quando $E \leq E'$

ANEXO G

CONTROLE DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

G.1. TIPO DE PERFILÓGRAFO

Deve-se utilizar um perfilógrafo do tipo Califórnia, que permite o traçado do perfil longitudinal do pavimento nas trilhas de rodas e a identificação de áreas que necessitam ser desbastadas, lixadas ou fresadas, conforme discriminado na seção G.2.

O pavimento deve ser aceito quanto à irregularidade longitudinal, quando o índice de perfil (IP) estiver entre 17,8 cm e 38,1 cm, para cada 1,6 km.

G.2. METODOLOGIA DE CONTROLE DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

A irregularidade longitudinal do pavimento deve ser determinada pela utilização e operação de um perfilógrafo sobre cada faixa de tráfego. O acabamento da superfície do pavimento deve ser avaliado e corrigido quanto à irregularidade, como exposto a seguir.

A força motriz do perfilógrafo pode ser manual ou composta de unidade propulsora acoplada ao conjunto.

O perfilógrafo deve ser movido longitudinalmente ao longo do pavimento, com velocidade não superior a 4,827 km/h, para minimizar saltos.

Os perfis dos pavimentos devem ser obtidos:

A 91 cm de cada borda do pavimento e paralelamente a elas, para pavimentos com 3,65 m de largura ou menos;

A 91 cm de cada borda do pavimento e da locação aproximada de cada junta longitudinal planejada, e paralelamente a elas;

Perfis adicionais podem ser obtidos somente para definir os limites de uma variação de superfície fora de tolerância.

Durante as operações iniciais de pavimentação, tanto no começo como após longo período de paralisação, a superfície do pavimento deve ser avaliada com o perfilógrafo, tão logo o concreto esteja curado o suficiente para permitir a avaliação.

A membrana de cura danificada durante as operações de avaliação deve ser reparada, conforme orientação dada pelos responsáveis pela obra.

Quando a irregularidade for satisfatória, isto é, apresentar $IP \leq 25,4\text{cm}/1,61\text{ km}$, os serviços de pavimentação podem prosseguir.

Após os testes iniciais, os perfis devem ser levantados para o trecho correspondente a um dia de pavimentação e antes do prosseguimento da pavimentação do trecho subsequente.

Um dia de pavimentação é definido como trecho com, no mínimo, 1,61 km de pavimento construído no mesmo dia, com sua largura total.

Se menos do que 1,61 km forem pavimentados em um dia, a produção deste dia deve ser agrupada com a produção do dia seguinte.

Quando a superfície apresentar índice de perfil médio superior a 38,1 cm para cada 1,61 km em alguma operação diária de pavimentação, as operações de pavimentação devem ser suspensas e não sendo permitida a retomada da pavimentação, até que as ações corretivas sejam feitas.

No reinício dos trabalhos, deve-se avaliar o perfil do pavimento de modo análogo ao início dos trabalhos.

Para determinação das seções do pavimento onde trabalhos corretivos sejam necessários, o pavimento deve ser avaliado em segmentos de 1,61 km.

Dentro de cada segmento de 1,61 km, todas as áreas representadas por pontos altos, contendo desvios em excesso a 1,0 cm em 7,62 m ou menos, devem ser corrigidas.

Após a correção dos desvios individuais em excesso devem ser tomadas ações corretivas para reduzir o índice de perfil médio para 25,4 cm em cada 1,61 km, ou menos.

Qualquer segmento de 161 m, com índice de perfil inicial superior a 38,1 cm em cada 1,61 km, deve receber trabalhos corretivos ou até mesmo ser demolido.

Nas seções submetidas às correções, deve o pavimento ser avaliado, após as devidas correções, para verificar se estas correções produziram um índice de perfil de 25,4 cm em cada 1,61 km, ou menos.

As correções devem ser feitas utilizando-se aparelhos de corte aprovados ou reconstrução do pavimento, como orientado pelos responsáveis pela obra, não devendo ser permitidos marteletes ou outros equipamentos de impacto.

Onde as correções forem realizadas, deve ser restabelecida a textura da superfície do pavimento, para proporcionar uma textura uniforme equivalente em regularidade à do pavimento próximo, que não sofreu correções.

Os trabalhos corretivos devem estar finalizados antes da determinação da espessura do pavimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- a) AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *ACI manual of concrete practice*. Detroit, 1978.
- b) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM E 1845-09*: standard practice for calculating pavement macrotexture mean profile depth. West Conshohocken, Pa, 2009. v.04.03.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738*: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.
- d) _____. *NBR 9895*: solo – índice de suporte califórnia. Rio de Janeiro, 1987.
- e) _____. *NBR 12142*: concreto – determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 1991.
- f) _____. *NBR 12696*: agregado – verificação do comportamento mediante ciclagem artificial água – estufa. Rio de Janeiro, 1992.
- g) _____. *NBR 12697*: agregados – avaliação do comportamento mediante ciclagem acelerada com etilenoglicol. Rio de Janeiro, 1992.
- h) _____. *NBR 15577-1*: agregados – reatividade álcali-agregado: guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro, 2008.
- i) _____. *NBR 15577-2*: agregados – reatividade álcali-agregado: coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2008.
- j) _____. *NBR 15577-3*: agregados – reatividade álcali-agregado: análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro, 2008.
- k) _____. *NBR 15577-4*: agregados – reatividade álcali-agregado: determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2008.
- l) _____. *NBR 15577-5*: agregados – reatividade álcali-agregado: determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2008.
- m) _____. *NBR 15577-6*: agregados – reatividade álcali-agregado: determinação da expansão em prismas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.
- n) _____. *NBR NM51*: concreto – agregado graúdo: ensaio de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 2001.
- o) ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. *NM 102*: concreto: determinação da exsudação. São Paulo, 1996.
- p) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER 182/94-PRO*: medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e maysmeter: procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

- q) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT 060/2004-PRO: pavimento rígido – inspeção visual: procedimento*. Rio de Janeiro, 2004.
- r) _____. *DNIT 061/2004-TER: pavimento rígido - defeitos: terminologia*. Rio de Janeiro. 2004.
- s) _____. *DNIT 063/2004-PRO: pavimento rígido – avaliação subjetiva: procedimento*. Rio de Janeiro, 2004.
- t) _____. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de pavimentos rígidos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. (IPR. Publ., 714).
- u) CARVALHO, M. D. *Recuperação e manutenção de pavimentos de concretos: prática recomendada*. São Paulo: ABCP, 1984. (ABCP. Boletim técnico, 104).
- v) PITTA, Márcio Rocha. *Projeto de pavimentos superpostos de concreto*. São Paulo: IBRACON, 1979.
- w) PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. *The design and construction of concrete resurfacing for old pavements*. Skokie, Ill., 1956.
- x) RAY, Gordon K. *Design and construction of concrete resurfacing for airfield pavement*. Skokie, Ill.: PCA, 1972.
- y) SAHIN, M. Y.; KOHN, S. D. *Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots*. Champaign, Ill: U.S. Army, Construction Engineering Research Laboratory, 1979. 2v.