



**RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO DA
AVENIDA DOS TRABALHADORES EM CURITIBA - PR**

CURITIBA

2010



CINTIA RIBEIRO DAHER

PLINIO HEY MARTINS

ROBERVAL COUTINHO

**RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO DA AVENIDA
DOS TRABALHADORES EM CURITIBA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Civas, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Orientador: Prof. Msc Carlos Roberto Giublin.

CURITIBA

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

**RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO DA AVENIDA
DOS TRABALHADORES EM CURITIBA - PR**

Por

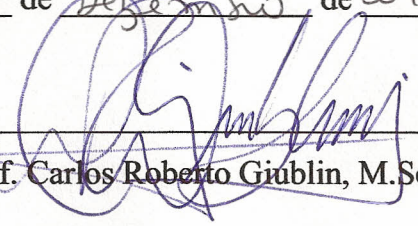
CINTIA RIBEIRO DAHER

PLINIO HEY MARTINS

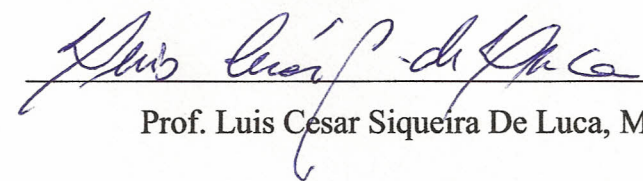
ROBERVAL COUTINHO

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO
INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A
SEGUIR MENCIONADOS.

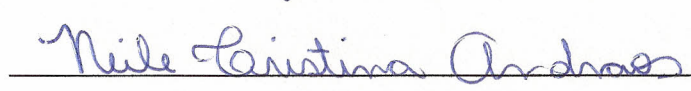
Curitiba (PR) 18 de Dezembro de 2010.



Prof. Carlos Roberto Giublin, M.Sc.



Prof. Luis Cesar Siqueira De Luca, M.Sc.



Prof^a. Neile Cristina Andraos, M.Sc.

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Carlo Roberto Giublin pela valiosa ajuda para que pudéssemos apresentar o trabalho a seguir.

Ao coordenador do curso engenheiro civil prof. Luis Cesar De Luca pelas aulas de metodologia, sem as quais não teríamos terminado o presente trabalho dentro da expectativa do curso.

RESUMO

Este trabalho consiste na pesquisa de procedimentos de restauração validados, ou seja, recomendados na bibliografia, para aplicação nas manifestações patológicas encontradas no pavimento de concreto da Avenida dos Trabalhadores. O pavimento desta avenida tem uma extensão de 5.500 m, sendo dividido em duas pistas de 2.750 m cada, entre as Ruas José Drulla Sobrinho e a Avenida Comendador Franco. Apesar de já terem se passado mais da metade de sua vida útil (10 anos), de maneira geral ele se encontra em excelente estado de conservação. Mesmo assim, para se prolongar sua durabilidade são necessárias intervenções para recuperar sua condição funcional. A catalogação dos defeitos desta avenida leva em conta o trabalho de Souza *et al.* (2010) que determinou o ICP - Índice de Condição do Pavimento para o referido trecho, possibilitando o levantamento da tipologia das manifestações patológicas encontradas. A partir dos problemas encontrados na avenida em estudo, pesquisou-se na bibliografia, dentre elas dos órgãos estaduais, federais, livros publicados, etc., as técnicas de restauração indicadas. Verificou-se uma convergência nas técnicas recomendadas, com pequenas diferenças nas suas especificações. Foi possível também indicar uma técnica para o procedimento de reparo em toda espessura da placa ainda não apresenta na bibliografia citada acima.

Palavras chave: pavimento, concreto, restauração, patologia, defeito.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formas de recuperação do pavimento de concreto (GIUBLIN, 2009)	42
Figura 2 - Localização da Avenida dos trabalhadores (Google MAPS, 2010)	49
Figura 3 - Sentido do tráfego e posição das placas em relação ao canteiro central	50
Figura 4 - Fissura transversal na placa 2A	53
Figura 5 - Croqui de localização da fissura	54
Figura 6 - Desenho esquemático para marcação do corte	54
Figura 7 - Retirada do concreto com martelo pneumático	55
Figura 8 - Limpeza com jato de ar (GIUBLIN, 2009)	55
Figura 9 - Visão em planta da colocação das barras	56
Figura 10 - Visão em corte da colocação das barras	56
Figura 11 - Visão geral da posição das barras após a sua colocação	57
Figura 12 - Preenchimento do reparo com concreto ou grout	57
Figura 13 - Fissura Longitudinal na placa 2B	58
Figura 14 - Planta da furação em uma fissura longitudinal com uso do cross-stitch (IGGA, 2010)	59
Figura 15 - Execução de furação para instalação das barras (IGGA, 2010)	59
Figura 16 - Colocação das barras (IGGA, 2010)	60
Figura 17 - Colocação das barras e preenchimento com resina epoxídica (IGGA, 2010)	60
Figura 18 - Visão geral após a obturação dos buracos (IGGA, 2010)	61
Figura 19 - Fissura longitudinal na placa 39B	62
Figura 20 - Detalhe da demarcação do procedimento de grampeamento	62
Figura 21 - Corte demonstrando a colocação dos grampos	63
Figura 22 - Retirada do concreto com martelo pneumático.	63
Figura 23 - Preenchimento do reparo com concreto ou grout	64
Figura 24 - Junta com necessidade de resselagem entre as placas 31 e 32B	65
Figura 25 - Esquema para colocação de material de apoio	66
Figura 26 - Fissura por retração plástica na placa 12B	67
Figura 27 - Fissura por retração plástica na placa 17B	68

Figura 28 - Fissura por retração plástica na placa 13B	70
Figura 29 - Fissura de canto na placa 3A	72
Figura 30 - Necessidade de pequeno reparo junto à junta na placa 383C - Pista 2.....	74
Figura 31 - Necessidade de pequeno reparo na placa 394B - Pista 2.....	75
Figura 32 - Reparo de placa parcial, placa 391A- Pista 2	76
Figura 33 - Cortes controlados para retirada de placa. (GIUBLIN, 2009).....	77
Figura 34 - Placa (4A) dividida	79
Figura 35 - Desgaste Superficial na placa 381B - Pista 2	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo e Análise estatística dos valores de ICP (SOUZA <i>et al.</i> , 2010)	50
Tabela 2 - Resumo dos valores encontrados (SOUZA <i>et al.</i> , 2010)	51
Tabela 3 - Técnicas recomendadas para os defeitos catalogados.....	52

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	2
AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS	7
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 HIPÓTESE	13
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	14
1.4.1 Tecnológicas.....	14
1.4.2 Econômicas	14
1.4.3 Sociais	15
1.4.4 Ecológicas.....	15
1.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	16
1.5.1 Classificação da Pesquisa Científica.....	16
1.5.2 Limitações da Pesquisa	17
1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO NO BRASIL.....	19

2.2	FATORES QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DOS PAVIMENTOS DE CONCRETO	20
2.2.1	Deficiências nas Investigações e Estudos Preliminares	22
2.2.2	Deficiências de Projeto.....	22
2.2.3	Deficiências Executivas.....	22
2.2.4	Deficiências na Operação do Pavimento	23
2.3	DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS DE CONCRETO E SUAS CAUSAS MAIS USUAIS	23
2.3.1	Alçamento de Placas.....	25
2.3.2	Fissura de Canto.....	25
2.3.3	Placa Dividida	26
2.3.4	Escalonamento ou Degrau nas Juntas.....	27
2.3.5	Falha na Selagem das Juntas	28
2.3.6	Desnível de Pavimento - Acostamento ou Entre Faixas de Rolagem	29
2.3.7	Fissuras Lineares.....	29
2.3.8	Fissuras em Feixe	32
2.3.9	Fissuras em Mapas ou Carcaça de Tartaruga.....	32
2.3.10	Grandes Reparos	32
2.3.11	Pequenos Reparos	33
2.3.12	Desgaste Superficial ou Polimento de Agregados	33
2.3.13	Bombeamento	34
2.3.14	Quebras Localizadas	34
2.3.15	Passagem de Nível	35
2.3.16	Fissuras Superficiais (Rendilhado) e Escamações.....	35
2.3.17	Fissuras de Retração Plástica.....	36

2.3.18	Esborcinamento ou Quebra de Canto	37
2.3.19	Esborcinamento de Juntas	37
2.3.20	Placa Bailarina.....	38
2.3.21	Assentamento	39
2.3.22	Buracos	39
2.3.23	Abertura de Juntas.....	40
2.3.24	Outros Defeitos Executivos.....	40
2.4	TÉCNICAS RECOMENDADAS DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO	42
2.4.1	Defeitos Recuperáveis	43
2.4.2	Defeitos Irrecuperáveis.....	45
2.4.3	Reparos que não Atingem a Espessura Total da Placa	46
2.4.4	Reparos que Afetam Toda a Espessura da Placa.....	47
2.4.4.1	Para reparo tangente às juntas ou bordas longitudinais da placa que abrange todo o comprimento da placa	47
2.4.4.2	Para reparo tangente às juntas ou bordas longitudinais da placa que abrange toda a largura da placa.....	47
2.4.4.3	Para reparo no interior da placa desde que não tangenciam as bordas ou as juntas transversais ou longitudinais	48
2.4.5	Método para Reconstituição Total da Placa	48
3	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	49
3.1	PROCEDIMENTO PARA REPARO EM TODA A ESPESSURA DA PLACA.....	52
3.1.1	Descrição do Procedimento para Retrofit.....	53
3.1.2	Descrição do Procedimento para Grampeamento Cruzado (Cross Stitch).....	58
3.1.3	Descrição do Procedimento para Grampeamento com Barras Paralelas.....	61

3.2	PROCEDIMENTO PARA RESSELAGEM DE JUNTAS	65
3.3	PROCEDIMENTO PARA COLMATAÇÃO DA FISSURA	67
3.3.1	Descrição do Procedimento para Preenchimento com Resina Epoxídica ou cimento	67
3.3.2	Descrição da Metodologia de Injeção com Micro Cimento ou Resina Epoxídica.....	68
3.3.3	Descrição da Metodologia de Selagem	70
3.4	REPARO DE ESPESSURA PARCIAL	71
3.4.1	Descrição da Metodologia de Reparo de Espessura Parcial de Placa.....	71
3.4.2	Descrição da Metodologia de Pequeno Reparo Junto à Junta.....	73
3.4.3	Descrição da Metodologia de Pequeno Reparo	75
3.5	REPARO DE PLACA PARCIAL	76
3.5.1	Descrição da Metodologia de Reparo de Placa Parcial	76
3.6	REPARO DE PLACA TOTAL	78
3.6.1	Descrição da Metodologia de Reparo de Placa Total	78
3.7	REPARO COM MICRO FRESAGEM	79
3.7.1	Descrição da Metodologia de Reparo com Micro Fresagem.....	79
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
4.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
4.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho são tecidas considerações sobre as principais formas de restauração de pavimentos de concreto aplicadas à Avenida dos Trabalhadores. Esta avenida tem na realidade vários nomes. Ao iniciar na Avenida Comendador Franco, ela recebe o nome de Rua Velcy Bolivar Grandó. No cruzamento com a Rua Professor Toshiaki Satto, passa a se chamar Rua Zacarias Gomes de Souza e se chama assim até o seu final na Rua José Drulla Sobrinho. Nestas considerações não serão abordados os aspectos de condição do pavimento, pois segundo Souza *et al.* (2010), este pavimento se encontra em excelente estado de conservação, com Índice de Condição do Pavimento (ICP) médio de 93,09. Apesar deste índice levantou-se em vistoria visual a existência de inúmeras manifestações patológicas que serão tratadas no presente documento.

Considerando apenas a cidade de Curitiba o pavimento de concreto é hoje ainda pouco utilizado em relação ao pavimento asfáltico e tem em sua história, segundo Gonçalves (2001), o primeiro pavimento em concreto datado da década de 50, época em que a construção do Centro Cívico foi realizada. Neste período foi pavimentada a Avenida Candido de Abreu que dá acesso e é a principal via deste complexo.

A partir da década de 90 este tipo de pavimento rígido teve um incremento na cidade de Curitiba, sendo usado principalmente nas vias de grande circulação de transporte urbano, como é o caso da avenida em estudo.

Este trabalho pretende demonstrar a importância da restauração em pavimentos de concreto e conscientizar aos tomadores de decisão da necessidade de se manter estas vias e a forma mais eficaz, dentro do caráter técnico e recomendações existentes.

1.1 PROBLEMA

Considerando as manifestações patológicas existentes no pavimento de concreto da Avenida dos Trabalhadores as recomendações técnicas da bibliografia seriam viáveis para se restaurar as placas de concreto do pavimento, em seus 5.500 metros de extensão?

1.2 OBJETIVOS

Neste capítulo estarão sendo apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho.

1.2.1 **Objetivo Geral**

Recomendar as técnicas de restauração do pavimento rígido na Avenida dos Trabalhadores em placas de concreto na cidade de Curitiba em seus 5.500 metros de extensão em duas vias a partir da bibliografia existente.

1.2.2 **Objetivos Específicos**

Classificar os defeitos encontrados em grupos de semelhança.

Analisar quais as práticas recomendadas de restauração para cada grupo de semelhança.

Recomendar as técnicas para restauração das placas de concreto do pavimento da Avenida dos Trabalhadores.

1.3 HIPÓTESE

As patologias existentes no pavimento de concreto da Avenida dos Trabalhadores são passíveis de restauração por meio das práticas recomendadas, existentes na bibliografia.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Neste capítulo estarão sendo descritas as justificativas tecnológica, econômica, social e ecológica que norteiam este trabalho.

1.4.1 Tecnológicas

Sendo o pavimento de concreto uma técnica cuja implantação tem um custo muito elevado, tem uma vida útil muito superior e um custo de manutenção bem inferior ao pavimento utilizado na maioria de vias urbanas e rodovias este trabalho procurará demonstrar que mesmo tendo um alto custo inicial ele é plenamente viável em longo prazo (KLEIN, 2009).

1.4.2 Econômicas

Segundo o Klein (2009), somente em custos diretos, a manutenção de pavimentos em concreto, num período de dois anos, pode representar um valor 61% menor que a do piso asfáltico. Considerando os custos sociais, além dos valores de construção, manutenção e operação, os custos com acidentes tempo de viagens, redução em índices de poluição e a manutenção de veículos são muito significativos.

O IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas) afirma que as más condições das vias de transporte podem elevar os custos de manutenção de veículos em 38%, o consumo de combustível em 58%, aumento no número de acidentes na ordem de 50%. Já de acordo com a CNI (Confederação Nacional da Indústria), cada real aplicado em melhorias das rodovias reduz em três reais os custos de manutenção e operação de veículos. A mesma relação foi citada por Moschetti (2010), para cada dólar investido em uma estrada de concreto corresponde a uma economia de três dólares em custo operacional.

No caso específico deste trabalho, a referida avenida possui 10 anos e durante este período a manutenção feita foi praticamente nula.

1.4.3 Sociais

Segundo Moschetti (2010), a pavimentação com concreto oferece diversas vantagens para o usuário, como uma menor distância de frenagem, melhor visibilidade e grande durabilidade. Por isso, hoje é considerada uma alternativa econômica para países como o Brasil.

Dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) revelam que 76% da malha pavimentada nacional encontram-se deficiente (péssimo, ruim ou regular) sendo que apenas 24% encontram-se em estado ótimo e bom, onde se pode concluir que há uma enorme possibilidade para o aproveitamento do concreto na restauração e ampliação das estradas brasileiras, principalmente nas vias de tráfego pesado.

Ainda segundo a CNI, outro benefício que o pavimento rígido oferece é a economia de combustível para caminhões, principalmente os que transportam grandes cargas, podendo chegar até 20%. É o que demonstra um estudo do Dr. John P. Zanlewski, da *Arizona State University*, que revelou ainda que quanto mais pesado o veículo/carga, maior é a economia de combustível.

Moschetti (2010) ainda ressalta que, além de o pavimento de concreto ser uma excelente alternativa para vias de tráfego intenso, pesado e repetitivo, “traz vantagens também para o Poder Público e a sociedade, pois o dinheiro economizado na manutenção pode ser utilizado na construção de novas rodovias.”

1.4.4 Ecológicas

Segundo Gschösser, Bösch e Wallbaum (2010), as vantagens ecológicas do pavimento de concreto podem ser resumidamente:

- a cor clara do concreto favorece a visibilidade, provocando uma economia energética de até 60% em iluminação, em comparação com o asfalto;

- pela aderência, o espaço de frenagem é reduzido em 40%, provocando menor desgaste dos veículos;
- a economia de combustível pode chegar a 17%, o que traz uma menor incidência de gases na atmosfera;
- provoca menor variação de temperatura ao ambiente, na faixa de 5 °C menor que o asfalto, minimizando o uso de ar condicionado e poluição nas cidades;
- impede a percolação da água, protegendo os lençóis freáticos e mananciais.

1.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Nos itens anteriores fez-se uma introdução ao tema, a definição do problema, incluindo seu objetivo geral e os específicos, as justificativas para se tratar do assunto. Neste item será mostrado o procedimento metodológico utilizado neste trabalho. O mesmo será dividido em seções da seguinte forma: na seção um será apresentada a classificação da pesquisa científica e na seção dois serão apresentadas as restrições aos itens acima mencionados.

1.5.1 Classificação da Pesquisa Científica

Nesta seção será definido qual o método de pesquisa que este trabalho irá seguir e qual a estratégia de pesquisa.

Segundo Gil (1991) é possível classificar a pesquisa em três grandes grupos, segundo seus objetivos. Sendo eles a exploratória, descritiva e explicativa.

Segundo o mesmo autor a pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito e tem o objetivo principal o aprimoramento das idéias ou descobertas. Já a pesquisa descritiva tem por objetivo primordial a descrição das características de

determinado fenômeno. Por fim a pesquisa explicativa está preocupada em identificar fatores que determinam a ocorrência de certos fenômenos.

Da mesma forma Gil (1991), classifica as pesquisas segundo os procedimentos técnicos utilizados, assim sendo o elemento mais importante para a identificação é o procedimento adotado para a coleta de dados. Diante disso pode-se delimitar em dois grandes grupos: aquelas que se valem das fontes de “papel” (pesquisa bibliográfica e documental) e aquelas cujos dados são fornecidos por pessoas (pesquisa experimental, *ex-post-facto*, levantamento e estudo de caso).

Tomando por base estas informações o trabalho a ser realizado será considerado como descritivo, segundo seus objetivos e uma pesquisa bibliográfica segundo seus procedimentos técnicos.

Como pesquisa bibliográfica, Gil (1991) explica que a mesma é desenvolvida a partir de material já existente como, por exemplo: livros e artigos científicos.

Segundo o mesmo autor a principal vantagem deste método de pesquisa, reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma grande gama de fenômenos. Do mesmo modo ela traz desvantagens. Estas podem ter natureza das fontes secundárias com dados coletados e processados de forma equivocada. Para minimizar este fato o pesquisador deve se ater a fontes fidedignas e que sejam aceitas na esfera técnica.

1.5.2 Limitações da Pesquisa

Nesta seção serão vistas as limitações decorrentes de cada uma das opções adotadas para a pesquisa.

Esta pesquisa bibliográfica está concentrada nas técnicas de restauração do pavimento de concreto da Avenida dos Trabalhadores, na cidade de Curitiba, restringindo as soluções indicadas para pavimentos de concreto simples com barras de transferência.

Os casos apresentados na pesquisa foram limitados a um exemplo para cada tipo de técnica de restauração, uma vez que ela permite a sua aplicação para os demais defeitos semelhantes.

As limitações a serem verificadas serão em relação a seus procedimentos técnicos, por se utilizar a pesquisa bibliográfica e às fontes de coleta de dados (documentação).

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente capítulo apresenta uma breve introdução sobre o que tratará o trabalho, o problema, seu objetivo geral e os específicos, a hipótese, as justificativas e ao procedimento metodológico adotado para se propor o trabalho.

No **Capítulo 2** é apresentada a revisão bibliográfica, percorrendo sobre pavimentos de concreto no Brasil, fatores que influenciam a durabilidade dos pavimentos de concreto, descrição das manifestações patológicas, das suas causas, além das técnicas recomendadas de restauração dos mesmos.

Em seguida o **Capítulo 3** apresenta a pesquisa bibliográfica onde para cada tipo de defeito encontrado é apresentada, no mínimo, uma técnica de restauro.

Já o **Capítulo 4** apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros e por fim relaciona-se a bibliografia utilizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conteúdo deste capítulo tem o intuito de apresentar um resumo da revisão bibliográfica, dividida em um breve histórico do pavimento de concreto no Brasil, os fatores que influenciam na durabilidade, a descrição das manifestações patológicas segundo a sua ordem (estrutural ou funcional) e suas causas usuais e as técnicas de restauração recomendadas.

2.1 PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO NO BRASIL

Segundo Balbo (2009) sabe-se que os pavimentos de concreto, quando bem projetados e construídos, têm vida útil que, muitas vezes, ultrapassa dos 40 anos de idade. Apesar de não existirem dados precisos sobre a extensão da malha rodoviária brasileira pavimentada em concreto, estima-se que existam hoje, em operação, cerca de 3 mil quilômetros de estradas com esse tipo de pavimento, das quais a maioria localiza-se na região sudeste do país. Grande parte desses pavimentos está com idade média entre 25 e 30 anos, e, alguns poucos, já têm idade entre 30 e 50 anos.

Os exemplos mais notáveis, segundo Senço (2001), são:

- rodovia Itaipava - Teresópolis, RJ, em operação há 30 anos;
- Av. Edson Passos, RJ, em operação há mais de 50 anos;
- pátio de manobras do Aeroporto Santos Dumont, RJ, em operação há mais de 50 anos;
- rodovia Pedro Taques em operação há mais de 13 anos;
- interligação entre as rodovias Anchieta e Imigrantes (acesso ao litoral Sul do estado de São Paulo) em operação desde 1974;
- pista ascendente no trecho de serra da Rodovia dos Imigrantes, SP, em operação desde 1977.

Para Garnett Neto (2001), embora apresente inúmeras vantagens e maior vida que o pavimento flexível, o pavimento rígido de concreto não é utilizado em larga escala no Brasil, devido, entre outros fatores, as dificuldades inerentes a sua manutenção e restauração, uma vez que esses serviços costumam demandar intervenções onerosas, para as quais, regra geral, faz-se necessária a interdição do tráfego de veículos, por períodos de vários dias, ou, pelo menos, por períodos mais demorados que os exigidos para as interdições feitas em pavimentos de asfalto.

Segundo Garnett Neto (2001) esses transtornos, no entanto, podem ser minimizados com o uso de concretos especiais de alta resistência inicial e também, pelo emprego de resinas sintéticas orgânicas, que permitem a liberação do pavimento em poucas horas, mas que são comercializados a custo muito elevado, no mercado nacional.

De todo modo, apesar do referido alto custo desses materiais especiais, a sua utilização pode se revelar como uma solução econômica, se as intervenções de manutenção forem feitas em períodos apropriados, ou seja, quando os defeitos ainda apresentam baixo grau de severidade, demandando menor volume de material a ser empregado. Essa condição é obtida em pavimentos nos quais as intervenções de manutenção são feitas periodicamente com caráter preventivo.

2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

A preocupação com a durabilidade dos pavimentos de concreto não é um assunto recente. De acordo com Forster (1997), essa questão vem sendo estudada pelos técnicos norte-americanos, desde a década de 40, quando então, se estabeleceu que por atuarem como base em camada de rolamento do pavimento, as placas de concreto devem ter resistência suficiente para, no mínimo, suportarem as condições e as cargas do tráfego que atuarão sobre elas.

Segundo o mesmo autor os pavimentos de concreto, quando bem projetados e construídos, têm desempenho tal que, em muitos casos, alcançam de 40 a 50 anos de vida útil, antes que seja necessária a execução de uma sobre camada.

Do mesmo modo, essa longevidade, no entanto, está intimamente relacionada a quatro fatores referentes ao seu projeto e construção. São eles:

- as especificações dos materiais utilizados no concreto;
- o projeto estrutural do pavimento;
- as condições ambientais e,
- o controle de qualidade dos processos construtivos empregados.

Nas especificações, devem ser considerados todos os materiais que compõem o concreto e a interação entre eles. No projeto estrutural, devem ser consideradas a frequência e a carga do tráfego sobre o pavimento, assim como a resistência do concreto utilizado nas placas. As condições ambientais, por sua vez, têm influência, durante lançamento do concreto, na construção e no desempenho do pavimento ao longo do tempo. Finalmente, o controle da uniformidade dos materiais e da mistura, o tempo de entrega do concreto (desde a usina até o local da obra), o controle do lançamento, o adensamento etc., influenciam o desempenho e a durabilidade do pavimento de concreto.

Os defeitos que surgem nos pavimentos de concreto, para o DNIT (2010) (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) 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.

Segundo DNIT (2010) as principais deficiências que se pode encontrar são: deficiências nas investigações e estudos preliminares, de projeto, executivas e na operação do pavimento. A seguir estarão sendo descritas cada uma destas.

2.2.1 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 (DNIT, 2010).

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

- não determinação da capacidade de suporte do subleito e da sua uniformidade;
- estudos incompletos de agregados;
- estudo dos traços do concreto.

2.2.2 Deficiências de Projeto

Os defeitos decorrentes de projeto inadequado podem ser:

- dimensionamento deficiente do pavimento;
- projeto geométrico inadequado das placas do pavimento;
- projeto inadequado das juntas;
- projeto de drenagem inadequado.

2.2.3 Deficiências Executivas

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

- emprego de agregados graúdos com excesso de pó;
- existência de juntas frias;
- atraso na serragem das juntas;
- corte deficiente de juntas;
- colocação deficiente dos dispositivos de transferência de carga;

- falta de proteção durante a concretagem de uma placa;
- cura deficiente;
- má colocação do lençol de plástico entre a placa e a sub-base;
- vedação deficiente das juntas;
- emprego de material selante de baixa qualidade.

2.2.4 Deficiências na Operação do Pavimento

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

- tráfego com excesso de carga;
- falta de manutenção do material selante das juntas;
- entupimento de bueiros e drenos;
- demora no reparo dos defeitos;
- não tratamento imediato das placas bailarinas;
- descuido na remoção imediata de produtos agressivos ao concreto lançados no pavimento.

2.3 DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS DE CONCRETO E SUAS CAUSAS MAIS USUAIS

No Brasil, a identificação dos defeitos em pavimentos de concreto é feito a partir de inspeções visuais, realizadas segundo os procedimentos constantes da norma DNIT 060/2004 - PRO.

A terminologia apresentada pela norma DNIT 061/2004 - TER define 20 tipos distintos de defeitos em pavimentos de concreto, os quais podem ocorrer com graus de severidade baixa, média ou alta.

Já Balbo (2009) enumera 18 tipos de defeitos existentes em pavimentos de concreto, mas ressalta que não está exaurida a questão.

Para limitar uma relação de manifestações patológicas encontradas em pavimentos de concreto estarão sendo analisadas apenas as da norma DNIT 061/2004 - TER e a relação apresentada por Balbo (2009).

Estas patologias têm um grau de severidade (baixa, média ou alta) que aumenta com o tempo quando a manutenção 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 restauração, sendo necessária a demolição parcial ou total da placa com este defeito.

Segundo DNIT (2010) em questão de segurança, desempenho do pavimento e desconforto no tráfego, os defeitos críticos 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.

A seguir serão definidas as manifestações patológicas existentes em pavimentos de concreto.

2.3.1 Alçamento de Placas

Segundo a norma DNIT 061/2004 - TER, é o desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagens ou de intervenções feitas no pavimento.

Segundo Balbo (2009) é causado pela pressão e esmagamento da placa contra placa em juntas muito solicitadas por esforços horizontais.

Já para o Manual do DNIT (2010) a causa para este defeito é a expansão linear do pavimento, devido às variações sazonais de valor significativo, aliada à deficiência da junta de dilatação nas placas adjacentes a obstáculos fixos, tais como canaletas de drenagem, encontros de ponte, fundações de prédios e outros.

2.3.2 Fissura de Canto

Segundo Balbo (2009), são fissuras que ocorrem geralmente na forma de semicírculo.

Segundo a norma DNIT 061/2004 - TER, é uma fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto. Esta fissura geralmente atinge toda a espessura da placa.

Segundo Balbo (2009), está associada ao vencimento da resistência por fadiga do concreto na região ou à espessura insuficiente de placa em relação ao tráfego real.

Já o Manual do DNIT (2010) 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; e empenamento dos cantos da placa, devido às variações térmicas e de umidade entre a superfície superior e a inferior da placa.

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- espessuras insuficientes de placa;
- baixa resistência do concreto;
- ocorrência de recalques diferenciais - afundamento / acomodação;
- deslocamento ou a inexistência das barras de transferência, por falhas de execução, contribuem para o surgimento de fissuras de canto;
- perda de suporte - bombeamento de finos;
- empenamento da placa.

2.3.3 Placa Dividida

Para Balbo (2009), este defeito é chamado de partição de placa e ocorre quando uma placa é dividida em três ou mais partes, ou uma área específica da placa é subdividida em pedaços.

Para a norma do DNIT 061/2004 - TER é a placa que apresenta fissuras dividindo-a em quatro ou mais partes.

Para Balbo (2009), este defeito normalmente está associado ao surgimento prévio de fissuras transversais e longitudinais.

Já para o Manual do DNIT (2010) 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 e fadiga do concreto.

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- espessura insuficiente das placas;
- baixa resistência do concreto à tração;
- deficiência de assentamento da fundação;
- progressão de outros defeitos;
- perda do suporte - erosão da sub-base.

2.3.4 Escalonamento ou Degrau nas Juntas

A norma DNIT 061/2004 - TER caracteriza este defeito pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

Já Balbo (2009) define como um defeito em que duas placas sucessivas não estão niveladas nas juntas, o que causa um degrau, bastante inconveniente ao rolamento dos veículos.

Balbo (2009) comenta que está associado à perda de suporte da placa e ao recalque diferencial entre duas placas. Pode também ocorrer nas fissuras transversais e longitudinais, ao longo do tempo.

Já para o Manual do DNIT (2010) 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.

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- desnivelamento entre placas - execução;
- bombeamento de finos;
- perda do suporte - erosão da sub-base;
- deficiência de assentamento da fundação;
- ineficiência na transferência de carga pela barra;
- vida útil expirada.

2.3.5 Falha na Selagem das Juntas

Segundo a norma DNIT 061/2004 - TER, é qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água.

Conforme Balbo (2009) é um defeito que normalmente está associado ao clima, ou seja, aos defeitos de umidade, calor e secagem dos elementos de selagem de juntas.

Já para o Manual do DNIT (2010) este defeito é geralmente motivado pela execução deficiente da selagem, ou pela escolha de um material selante inadequado ou de baixa vida útil. 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.

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- aplicação do selante com sujeira na junta;
- produto deficiente - qualidade duvidosa;
- junta esborcinada - selagem sem retificação da junta;
- deficiência na espessura e profundidade - menor que a especificada;
- execução sem cuidados necessários - falta de treinamento do aplicador;
- falta de adesão nas paredes do concreto.

2.3.6 Desnível de Pavimento - Acostamento ou Entre Faixas de Rolagem

A norma DNIT 061/2004 - TER define como sendo o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

Para Balbo (2009), trata-se de um defeito construtivo, por falha do nivelamento entre as faixas de rolagem e de acostamento. Mas quando ocorre entre faixas de rolagem, isto pode estar relacionado à perda de suporte da placa e o recalque diferencial entre duas placas.

Para o Manual do DNIT (2010) as causas deste defeito são os mesmo que os apresentados no item 2.3.4 (Escalonamento ou Degrau nas Juntas).

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- acomodação do acostamento;
- deficiência de compactação;
- bombeamento de finos do acostamento;
- perda de suporte;
- materiais que trabalham de modo diferente.

2.3.7 Fissuras Lineares

Segundo a norma DNIT 061/2004 - TER, 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.

Já para Balbo (2009) as fissuras são transversais ou longitudinais e acontecem por:

- fissuras transversais: por consumo da resistência à fadiga do concreto ao longo do tempo, pela baixa resistência do concreto ou pela baixa espessura da placa em relação ao tráfego projetado. Se estas estiverem posicionadas próximo às juntas, normalmente resultam da retração de secagem do concreto, por atraso de secagem de junta ou por insuficiente corte em espessura da mesma;
- fissuras longitudinais: estão associadas ao consumo da resistência à fadiga do concreto ou insuficiência de sua espessura. Se posicionadas nas proximidades das juntas longitudinais, estão relacionadas com a retração de secagem ou corte insuficiente em espessura das juntas.

Para Giublin (2009) são defeitos causados principalmente por:

- fissuras transversais: são falhas no processo de execução das juntas transversais causadas por atraso nos cortes (aquelas que surgem nos primeiros dias após o término da concretagem); espessuras insuficientes (abaixo da especificação do projeto); emprego de concreto de má qualidade, com resistência abaixo da especificada em projeto; pouca profundidade de corte da junta induzida; barras de transferência deslocada da posição (tortas); esquecimento do complemento do corte da junta;
- fissuras longitudinais: são falhas na operação de corte das juntas longitudinais causadas por pouca profundidade do corte; atrasos na programação de serragem; perda de suporte da fundação; concreto de resistência inferior à especificada no projeto; espessura insuficiente da placa;

- fissuras diagonais: são falhas que ocorrem pela ocorrência de espessuras insuficientes das placas; valores de resistência à tração na flexão do concreto simples, abaixo do especificado no projeto; recalques na fundação; agressão por agentes externos.

Já para o Manual do DNIT (2010) este defeito tem as seguintes causas:

- fissuras transversais: 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; e subdimensionamento da espessura do pavimento. Nas fissuras 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; e 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.

2.3.8 Fissuras em Feixe

Para Balbo (2009) são fissuras que ocorrem tanto em direção longitudinal quanto transversal as bordas ou às fissuras preexistentes, com formato de fissuras próximas e paralelas. Trata-se de progressão de fissuras de canto ou lineares.

Este tipo de fissura Balbo (2009) diz se tratar da progressão de fissuras de canto ou lineares, e estão associadas à baixa resistência do concreto à compressão. Também podem ser causadas por ciclos de congelamento e descongelamento em climas temperados.

2.3.9 Fissuras em Mapas ou Carcaça de Tartaruga

São fissuras que ocorrem formando um mapa hidrológico ou aparentam uma carcaça de tartaruga. Este tipo de fissura é causada pelo excesso de desempenamento, que causa excesso de pasta na superfície, a qual rapidamente se fissa (BALBO, 2009).

Uma consequência rápida disso é o efeito do descolamento ou desagregação superficial, que é outro defeito. A típica carcaça de tartaruga é encontrada quando há sinais de reação álcalis-agregados no concreto, o que geralmente leva anos ou mesmo décadas para seu aparecimento.

2.3.10 Grandes Reparos

Para a norma DNIT 061/2004 - TER entende-se como grande reparo uma área do pavimento original maior que $0,45 \text{ m}^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

Para Balbo (2009) são correções de defeitos que já existiam, contudo, remendos de má qualidade podem apresentar uma série de inconvenientes, como fissuras de canto, e afundamentos, prejudicando a qualidade do pavimento e do rolamento.

2.3.11 Pequenos Reparos

Para a norma DNIT 061/2004 - TER entende-se como pequeno reparo uma área do pavimento original menor ou igual a $0,45 \text{ m}^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

2.3.12 Desgaste Superficial ou Polimento de Agregados

Caracteriza-se, segundo a norma DNIT 061/2004 - TER, pelo deslocamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento, e com o tempo fiquem com a sua superfície polida.

Para Balbo (2009), é a deterioração da superfície do concreto, da ordem de milímetros, com arrancamento da argamassa (o que também poderia ser chamado de descolamento). Da mesma forma trata-se da presença de agregados polidos e lisos na superfície, que ficam expostos, e não mais envolvidos por argamassa.

Para Balbo (2009), é um defeito construtivo, por excesso de vibração ou desempenamento da superfície, causando migração de pasta de cimento para cima. O emprego de agregados de excelente qualidade evitariam esse tipo de ocorrência em longo prazo.

Já o Manual do DNIT (2010) 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.

Segundo Giublin (2009) são defeitos causados pela resistência do concreto abaixo da especificação; agressão por agentes externos; excesso de finos na superfície da placa; desgaste natural pelo tráfego durante a vida útil do pavimento; deficiência de cura - excesso de água; e vida útil expirada.

2.3.13 Bombeamento

Tanto para Balbo (2009) como para a norma DNIT 061/2004 - TER, consiste em um fenômeno que está relacionado com a saturação das camadas inferiores que, por pressão neutra, expulsam a água aprisionada para cima, nas juntas, bordas e fissuras. Esse movimento ascensional da água carrega partículas de solos para a base, contaminando-as, e essas partículas posteriormente são eliminadas também pelas juntas, mostrando uma coloração típica de solo.

Segundo Giublin (2009) são defeitos causados pela perda de suporte da fundação; deficiência de construção localizada (ocorrência de vazios ou ninhos, por falta de adensamento do concreto); não utilização de sub-base cimentada; e selagem deficiente das juntas.

2.3.14 Quebras Localizadas

Para a norma DNIT 061/2004 - TER 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).

Segundo Giublin (2009) são defeitos causados por espessura das placas insuficientes; perda de suporte da fundação; deficiência de construção localizada

(ocorrência de vazios ou ninhos, por falta de adensamento do concreto); e resistência do concreto à tração abaixo da especificação.

2.3.15 Passagem de Nível

Para a norma DNIT 061/2004 - TER são defeitos que ocorrem em passagens de nível, consistindo de depressões ou elevações próximas aos trilhos, decorrentes de projeto inadequado ou de uma execução deficiente do pavimento neste local.

2.3.16 Fissuras Superficiais (Rendilhado) e Escamações

Para a norma DNIT 061/2004 - TER são fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam a tendência de se interceptarem, formando ângulos de 120°.

Para o Manual do DNIT (2010) estas fissuras não direcionadas são provocadas pela 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 impedir 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.

Segundo Giublin (2009) são defeitos causados pela deficiência de cura; resistência do concreto abaixo da especificação ou excesso de água na camada superficial.

2.3.17 Fissuras de Retração Plástica

Tanto Balbo (2009) como a norma DNIT 061/2004 - TER considera estas fissuras como sendo de pouca profundidade (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 eixo longitudinal da placa. Estão normalmente ligadas a problemas construtivos.

Segundo Giublin (2009) são defeitos causados pela deficiência de cura do concreto; aplicação de produto de cura com taxa menor do que a especificada; equipamento com bico espargidor entupido parcialmente; concretagem em dia muito quente sem o devido cuidado com a cura; idem com excesso de vento e baixa umidade do ar; e concreto com dosagem inadequada.

2.3.18 Esborcinamento ou Quebra de Canto

Para a norma DNIT 061/2004 - TER, são quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto.

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

O Manual do DNIT (2010) descreve que 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.

Para Giublin (2009) são defeitos com causas em espessuras insuficientes de placa; baixa resistência do concreto; ocorrência de recalques diferenciais - afundamento / acomodação; deslocamento ou a inexistência das barras de transferência, por falhas de execução, perda de suporte - bombeamento de finos; e empenamento da placa.

2.3.19 Esborcinamento de Juntas

Para a norma DNIT 061/2004 - TER o esborcinamento das juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa.

Para Balbo (2009), é um defeito ligado à ação do tráfego nas proximidades das juntas, mais comum quando há problemas de serragem ainda verde do concreto, o que causa pequenas quebras que tendem a progredir com o tempo. Também podem ocorrer por excesso de argamassa no local ou pela ausência de agregados resistentes nessas regiões.

Para o Manual do DNIT (2010) além das descritas acima ainda podem ser causa do esborcinamento nas juntas a remoção precipitada das fôrmas; 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.

Para Giublin (2009) são defeitos com causas em falhas de execução:

- desalinhamento excessivo das barras de transferência;
- enfraquecimento do concreto na região;
- inexistência ou inadequação do material selante;
- concreto com resistência baixa;
- corte da junta antes da hora correta.

2.3.20 Placa Bailarina

Para a norma DNIT 061/2004 - TER é a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

Para o Manual do DNIT (2010) 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.

Para Giublin (2009) são defeitos causados pela:

- perda do suporte - erosão dos finos;
- ineficiência da transferência de carga pela barra;
- problemas de fundação.

2.3.21 Assentamento

Para a norma DNIT 061/2004 - TER, caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo ocorrer que o pavimento permaneça íntegro.

Para o Manual do DNIT (2010) 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 trilha, fôrmas deslizantes ou utilizando dispositivos de apoio das placas vibratórias, as saliências e depressões podem ser decorrentes das ondulações dos locais onde se apóiam estes dispositivos ou equipamentos de vibração e acabamento, devido a estas ondulações serem transmitidas para o pavimento.

Para Giublin (2009) são defeitos causados:

- pelo recalque diferencial;
- pela perda de suporte - deficiência da fundação.

2.3.22 Buracos

Para a norma DNIT 061/2004 - TER, são reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, provocadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definidas.

Para Balbo (2009) são resultantes de evolução de outros defeitos, como desagregação de fissuras em feixe ou mesmo a partição do concreto em pequenas peças. O concreto vai sofrendo recalque juntamente com a base e o subleito, ou mesmo vai sendo arrancado por ação dos veículos.

Já para o Manual do DNIT (2010) 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.

Para Giublin (2009) são defeitos com causas em falhas de execução:

- enfraquecimento do concreto na região por má mistura;
- concreto com resistência baixa;
- perda de suporte - erosão na base do local do buraco;
- agressão por agentes externos.

2.3.23 Abertura de Juntas

Segundo Balbo (2009) é o aumento indesejável do espaçamento entre duas placas, exatamente na junta. As juntas podem se abrir por ausência de ligação entre as placas, sob a ação de esforços horizontais. Essa abertura apresenta o inconveniente de aumentar o desconforto e o nível de ruídos durante o rolamento. Situações desse tipo facilitam bastante o surgimento de esborcinamento em juntas pela ação dos veículos.

2.3.24 Outros Defeitos Executivos

Segundo Giublin (2009) existem outros defeitos inerentes da execução e cujas causas estão descritas abaixo:

- a) deslocamento das barras de transferência, em função de:
 - deslocamentos excessivos horizontais;
 - deslocamentos excessivos verticais;
 - deslocamentos durante a vibração do concreto;
 - deslocamentos ocasionados pelos operários;
 - aparelho de apoio das barras de transferência deficiente;
 - falta de travamento do sistema de apoio na sub-base;
- b) falta de laje de transição, por deficiência de projeto ou adensamento (recalque após a execução da placa);
- c) problema de fundação com perda de suporte, por:
 - valores inadequados de deflexão Benkelman;

- desagregação do material da fundação;
 - recalque diferencial;
 - aparecimento de água - deficiência de drenagem;
- d) deficiência de sub-base irregular, devido a superfície irregular, (deformada e desagregada), falta de compactação da sub-base ou reflexo na espessura da placa;
- e) espessuras de placas inferiores às de projeto, por causa de erros de marcação topográfica, equipamentos de espalhamento (desnivelados / empenados) ou sub-base com espessuras maiores que projeto;
- f) erros de texturização em razão de falta de atenção do operador, utilização de vassouras desgastadas e irregulares, excesso de argamassa no traço ou mudança da posição de vassouramento;
- g) corte de juntas desalinhadas, por motivo de falta de atenção do operador, marcação topográfica deficiente, equipamento com disco desgastado;
- h) bordos desalinhados, em virtude de falta de atenção do operador, marcação topográfica deficiente, aplicação de concreto com abatimento (slump) fora da especificação, utilização de formas deslizantes do equipamento / formas metálicas desalinhadas;
- i) irregularidades superficiais, em vista de:
- falta de segurança / alerta para impedir trânsito de pedestres e operários no concreto fresco;
 - sabotagem - “CALÇADA DA FAMA”;
 - passagem de animais sobre o concreto fresco;
 - execução deficiente - equipamento / equipe;
- j) traço de concreto, em função de:
- excesso de argamassa no traço do concreto;
 - inexperiência no uso dos equipamentos de forma deslizantes (excesso de vibração);
 - incompatibilidade entre o cimento e o aditivo;

- cimento com adições incompatíveis x co-processamento;
- impurezas nos agregados, por exemplo, areia com torrões de argila;
- k) projeto, devido não se considerar o alinhamento das juntas, pela execução errada ou inexperiência da equipe de topografia.

2.4 TÉCNICAS RECOMENDADAS DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

Neste item apresentam-se as técnicas mais recomendadas pelos órgãos estaduais e federais que mantêm rodovias de pavimento de concreto. Para tanto serão levadas em conta as normas DNIT 067/2004 - ES e recomendações constantes no Manual de Pavimentos Rígidos - DNIT (2010).

Segundo Giublin (2009) a recuperação de um pavimento de concreto pode ocorrer de três formas (Figura 1).

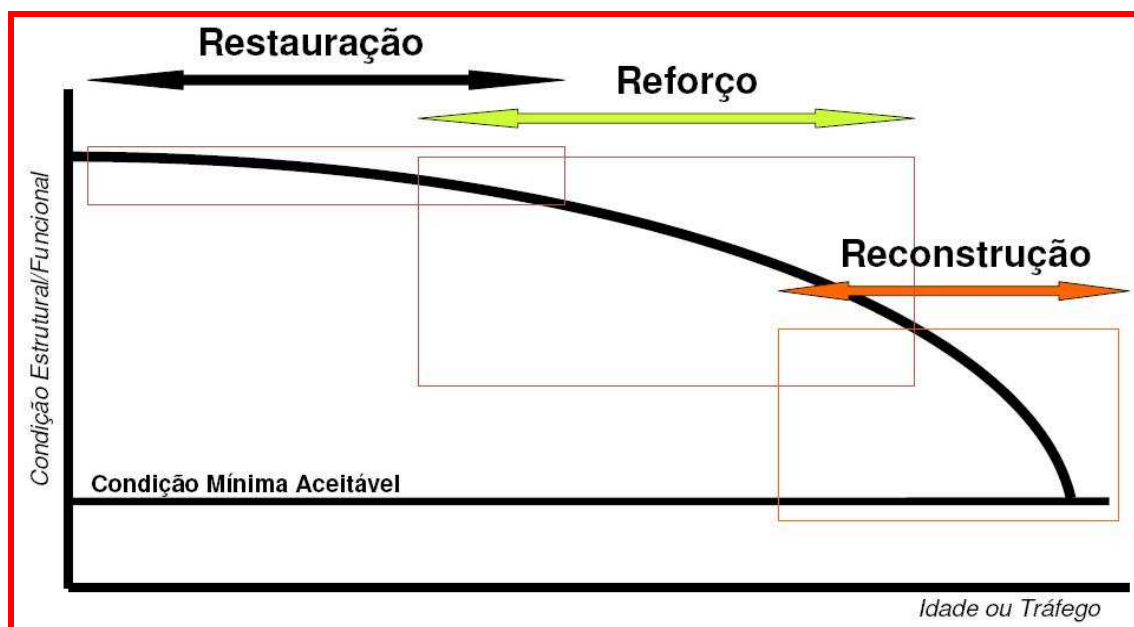


Figura 1 - Formas de recuperação do pavimento de concreto (GIUBLIN, 2009)

1. Restauração: reparos localizados que devem ser realizados tão logo os defeitos ocorram. As técnicas mais comuns são:
 - a. remendos de espessura plena;

- b. reparos de espessura parcial;
 - c. resselagem de trincas e juntas;
 - d. estabilização da placa com injeção de argamassa;
 - e. fresagem para recomposição da textura;
 - f. restauração de juntas de transferência de carga;
 - g. restauração das juntas longitudinais.
2. Reforço: superpor uma nova camada ao pavimento existente. As técnicas mais comuns são:
- a. reforço com camada aderida de concreto de cimento Portland (CCP);
 - b. reforço com camada não aderida de concreto de cimento Portland (CCP);
 - c. reforço com camada de concreto asfáltico.
3. Reconstrução: demolir as placas existentes e reconstruir. As técnicas mais comuns são:
- a. remoção / substituição;
 - b. reciclagem.

A aplicação depende da condição atual do pavimento.

Para tanto as manifestações patológicas serão separadas primeiramente em duas classes: defeitos recuperáveis e irrecuráveis. Posteriormente em defeitos que atingem ou não a espessura total da placa. E por fim substituição total da placa.

2.4.1 Defeitos Recuperáveis

Segundo DNIT (2010), os defeitos recuperáveis são aqueles cujas causas que lhe deram origem podem ser eliminadas após a sua restauração.

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

A decisão sobre a restauração 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 (ICP), que para este trabalho não estará sendo usado.

A condição para que o defeito seja considerado como recuperável:

- a restauração de um defeito tem por finalidade restabelecer as condições originais do pavimento;
- quando esta restauração 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.

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 restauração problemática, ineficiente ou inviável, mesmo que estes defeitos ainda apresentem um baixo grau de severidade.

Os defeitos recuperáveis serão, portanto:

- fissuras transversais e longitudinais - a restauração destas fissuras é viável se elas forem decorrentes de retração ou deformações volumétricas da placa;
- 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;
- resselagem das juntas - substituição de um material selante avariado por outro de melhor qualidade;

- 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;
- bombeamento - substituição do material bombeado por injeção de calda de cimento sob o pavimento, para recomposição do subleito;
- quebras localizadas - restauração dos cantos quebrados por meio de argamassas poliméricas;
- esborcinamento dos cantos de bordas e juntas - restauração dos cantos esborcinados por meio de argamassas poliméricas;
- 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;
- 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.

2.4.2 Defeitos Irrecuperáveis

Da mesma forma o DNIT (2010) se refere a defeitos irre recuperáveis quando não for possível, por meio de reparação de um defeito, eliminar as causas que lhe deram origem, o defeito é considerado irre recuperável, 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 restauração 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).

As justificativas para se considerar um defeito como irrecuperável são as causas que lhe deram origem e que não podem ser eliminadas pela restauração 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.

Os defeitos considerados irrecuperáveis são aqueles considerados críticos, 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;
- grande quantidade e grande extensão de outros defeitos em uma mesma placa.

2.4.3 Reparos que não Atingem a Espessura Total da Placa

Para reparos que não atingem toda a espessura da placa são indicados para restauração de defeitos localizados e de espessura inferior à da placa, tais como: desgaste superficial, escamação acentuada, desagregação localizada do concreto, fissuras de pequena abertura não esborcinadas.

Deve ser feita inspeção rigorosa após o corte da área afetada, para garantir que esta se restringe a área serrada e a metade superior da placa.

Quando houver indícios que a anomalia estende-se para regiões mais profundas ou às áreas vizinhas à demarcada, deve-se adotar a metodologia de reparo do item abaixo, reparos que afetam toda a espessura da placa.

2.4.4 Reparos que Afetam Toda a Espessura da Placa

Indicado para a restauração de placas que apresentem fissuras transversais ou longitudinais com abertura superior a 1,0 mm, esborcinamento de juntas e outros defeitos que estejam orientados do sentido longitudinal ou transversal a placa. Seguem abaixo alguns exemplos destes.

2.4.4.1 Para reparo tangente às juntas ou bordas longitudinais da placa que abrange todo o comprimento da placa

Quando a área afetada atingir todo o comprimento da placa a área de reparo deve abranger o comprimento total da placa e possuir largura (L) compreendida no seguinte intervalo: $1,5\text{ m} \leq L \leq \frac{1}{2}$ da largura da placa. Caso a largura remanescente seja inferior a 1,5 m deve realizar a reconstituição total da placa.

2.4.4.2 Para reparo tangente às juntas ou bordas longitudinais da placa que abrange toda a largura da placa

Quando a área afetada atingir toda a largura da placa, a área de reparo deve abranger toda a largura da placa e deve possuir comprimento (B) compreendido no seguinte intervalo: $1,5\text{ m} \leq B \leq \frac{1}{2}$ do comprimento da placa.

Caso o comprimento remanescente seja inferior a 1,5 m deve realizar a reconstituição total da placa. Deve-se adotar a mesma metodologia de reparo do item anterior.

2.4.4.3 Para reparo no interior da placa desde que não tangenciam as bordas ou as juntas transversais ou longitudinais

A maior dimensão do reparo (L) deve estar orientada no sentido longitudinal da placa, na proporção de L/B entre 1,5 a 2,0; o perímetro da área de reparo deve distar no mínimo 1,20 m das juntas e bordas da placa.

2.4.5 Método para Reconstituição Total da Placa

Sempre que o reparo atingir área superior a $\frac{2}{3}$ da área da placa, ou comprimento ou largura da placa não reparada resultem em dimensão inferior a 1,5 m, deve-se reconstituir a placa.

O sentido de tráfego da Avenida Comendador Franco para a Rua José Drulla Sobrinho é o indicado na Figura 3. Ele se inverte no sentido contrário, isto é da Rua José Drulla Sobrinho para a Avenida Comendador Franco.

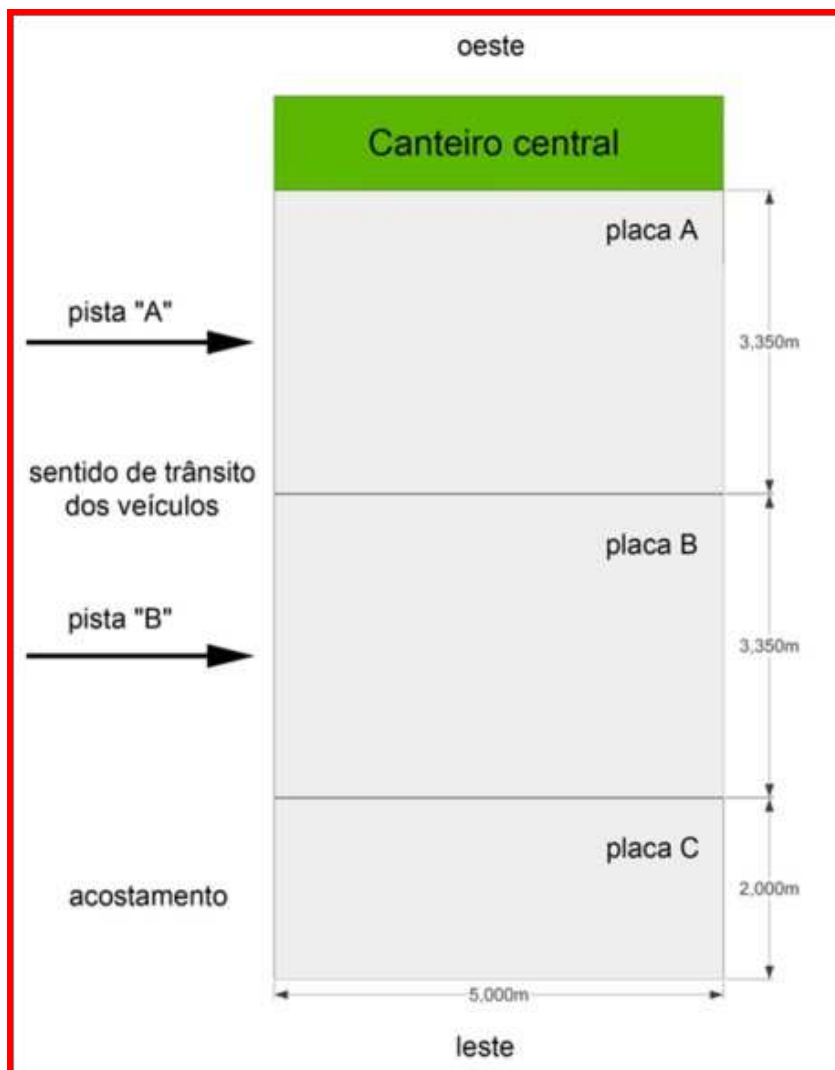


Figura 3 - Sentido do tráfego e posição das placas em relação ao canteiro central

Para iniciar o estudo a Tabela 1 apresenta os resultados de ICP encontrados por Souza *et al.* (2010), sendo a média de 93,09.

Tabela 1 - Cálculo e Análise estatística dos valores de ICP (SOUZA *et al.*, 2010)

Média	x	93,09
Desvio Padrão	s	10,02
Número de termos	n	93
Probabilidade	confiança	95%
Coeficiente de Student	N	1,984
ICP limite mínimo do intervalo	x-z.s	73,21

De acordo com este mesmo trabalho, dos 93 subtrechos inspecionados, apenas 6 apresentaram valores de ICP inferiores a 73,21. Isto levando a probabilidade de se encontrar uma placa com o valor inferior a 73,21 é de apenas 5 %, o que está representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo dos valores encontrados (SOUZA *et al.*, 2010)

ESTIMATIVA DE DEFEITOS PONTUAIS			
Conclusão	Subtrecho com defeitos pontuais	Intervalo de placas	ICP
Dos 93 subtrechos inspecionados, 6 apresentaram valores de ICP abaixo do limite inferior	Av. Com Franco - Ten. Demóstenes Machado	1A - 7C	71
	R. Abóbora - José Drulla Sobrinho	410A - 419B	73
	R. Abóbora - Cambuca	21 A - 28 B	59
	R. Cambuca - Gilda P. Forcadell	80 B - 90 A	72
	R. Cambuca - Gilda P. Forcadell	133C - 142B	63
	R. Amauri M. Guérios - Av. Com. Franco	387A - 396B	65

Baseando-se neste trabalho os defeitos encontrados estão mostrados no Gráfico 1.

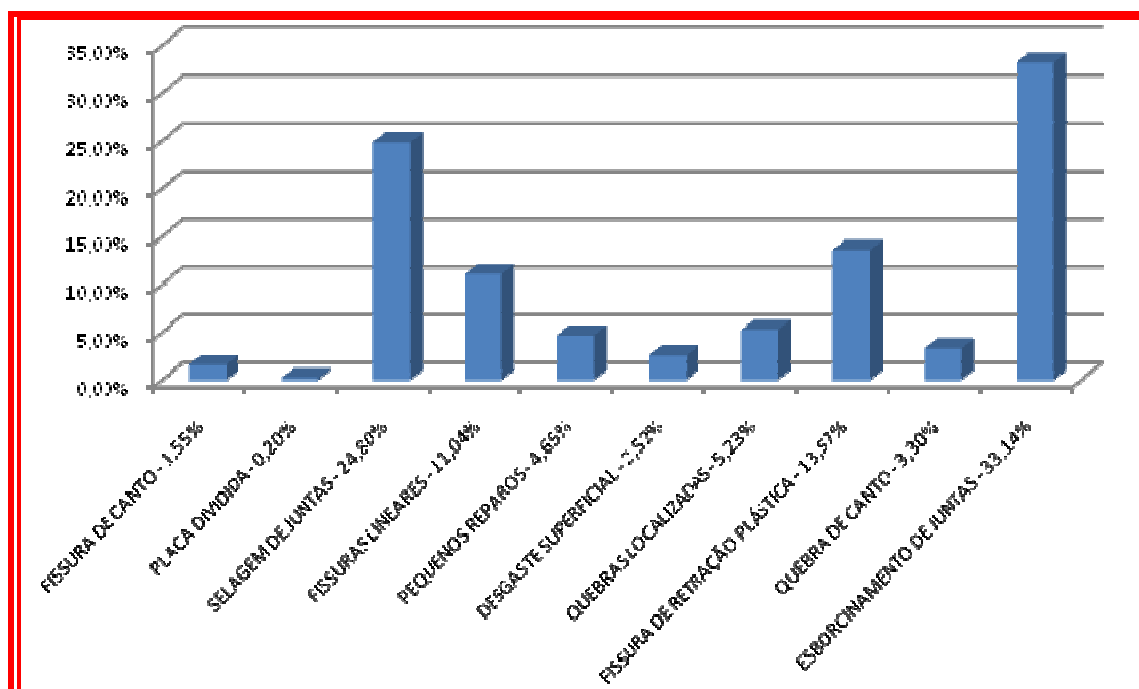


Gráfico 1 - Percentagem dos Defeitos Catalogados (SOUZA *et al.*, 2010)

Para melhor análise dos defeitos na Tabela 3 eles estão apresentados os defeitos em ordem de grandeza em que aparecem e indicadas as técnicas recomendadas para a sua restauração segundo Souza *et al.* (2010).

Tabela 3 - Técnicas recomendadas para os defeitos catalogados

Defeito	Técnicas recomendadas						
	Reparo em toda a espessura da placa item 3.1	Ressagem das juntas item 3.2	Colmatação da fissura item 3.3	Reparos de espessura parcial item 3.4	Reparo parcial da placa item 3.5	Reparo de placa total item 3.6	Reparo com micro fresagem item 3.7
Esborcinamento de junta				X	X		
Selagem de junta		X					
Fissura de retração plástica			X				
Fissuras lineares	X						
Quebras localizadas					X	X	
Pequenos reparos				X			
Quebra de canto					X	X	
Desgaste superficial							X
Fissura de canto				X			
Placa dividida						X	

Nos itens a seguir serão apresentados os procedimentos de restauração dos defeitos elencados acima e para cada caso será selecionada uma placa defeituosa levantada no estudo de Souza *et al.* (2010).

3.1 PROCEDIMENTO PARA REPARO EM TODA A ESPESSURA DA PLACA

Para o caso específico deve-se ainda subdividir este reparo em dois: para fissura transversal ou longitudinal.

No caso de fissura transversal, Giublin (2009) e Silva (2008), recomendam que a restauração seja feita utilizando-se a técnica do retrofit. Para fissuras longitudinais a recomendação dos autores é o grampeamento cruzado (cross stitch). Outra técnica para o caso de fissura longitudinal é o grampeamento com barras paralelas (GIUBLIN, 2009).

3.1.1 Descrição do Procedimento para Retrofit

Neste item será apresentada a técnica do retrofit e para tanto a placa que será levada em conta é a 2A (Figura 4), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

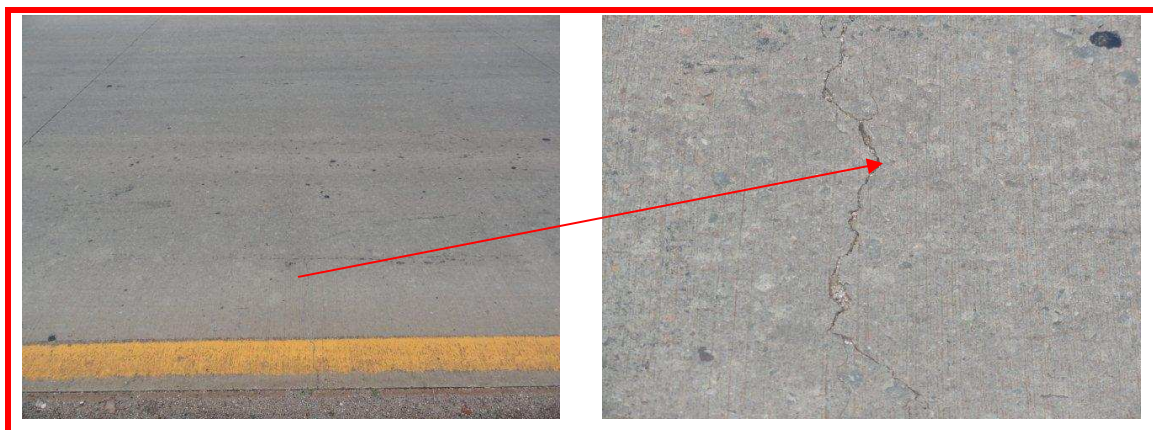


Figura 4 - Fissura transversal na placa 2A

As etapas deste procedimento são:

- a) demarcação da área do reparo;
- b) demarcação da fissura para melhor visualização durante o processo (Figura 5);
- c) demarcação das áreas a serem cortadas para recebimento das barras de transferência. Esta demarcação deve atender a alguns requisitos:
 - deve distar de 60 cm do bordo interno;
 - deve ter uma distância entre 30 a 45 cm do bordo externo;
 - devem distar 30 cm entre marcações;
- d) corte das áreas a receberem as barras de transferência. Estes cortes devem acarretar uma cavidade com as dimensões a seguir (Figura 6):
 - largura de 6 a 6,5 cm;
 - comprimento de 60 cm;
 - profundidade de 2/3 da espessura da placa;

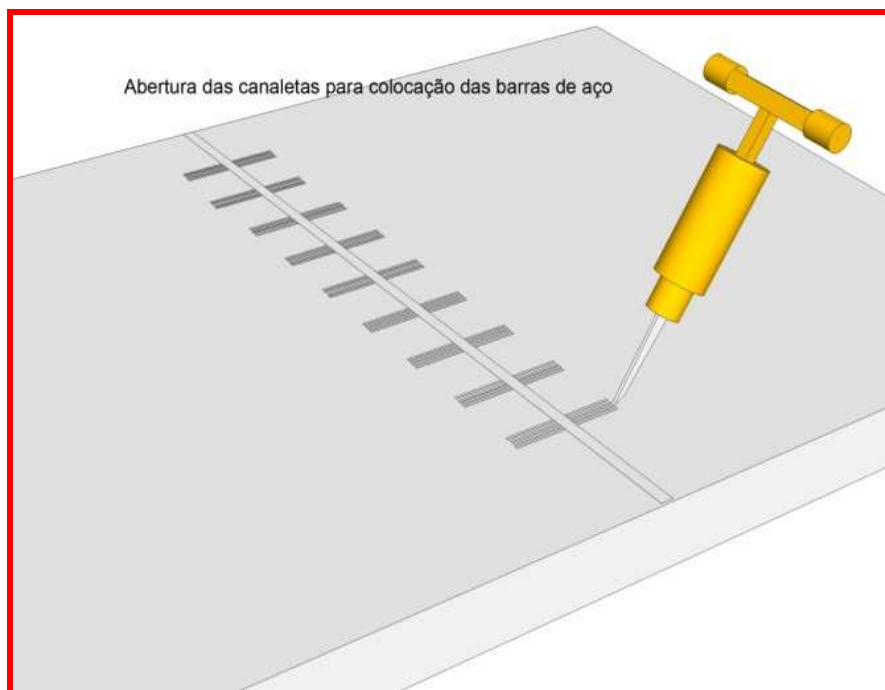


Figura 7 - Retirada do concreto com martelo pneumático

- f) limpeza das cavidades que receberão as barras de transferência (Figura 8). As paredes do reparo devem ser limpas com jato de ar comprimido, removendo-se as partes soltas ou fracamente aderidas ao concreto, às paredes do reparo devem ser verticais e ásperas,



Figura 8 - Limpeza com jato de ar (GIUBLIN, 2009)

g) para a instalação das barras de transferência. Estas devem estar dispostas perpendicularmente a junta longitudinal, sobre a trinca a ser recuperada e dentro das cavidades executadas nas fases anteriores (Figura 9 a Figura 11). As barras devem sempre estar engraxadas para permitir o seu deslocamento interno, estar sobre a linha neutra da placa, ter o comprimento 45 cm ou 50 cm e diâmetro igual ao de projeto;

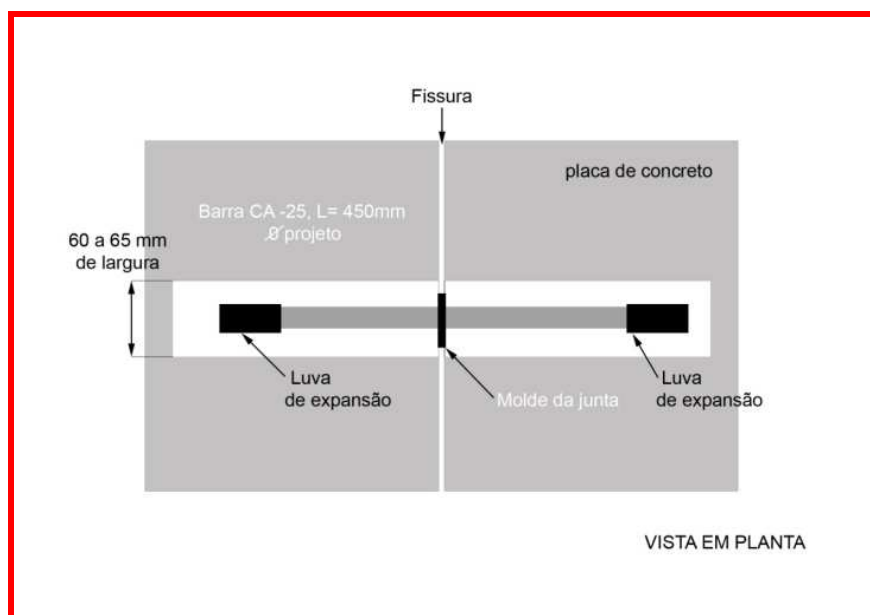


Figura 9 - Visão em planta da colocação das barras

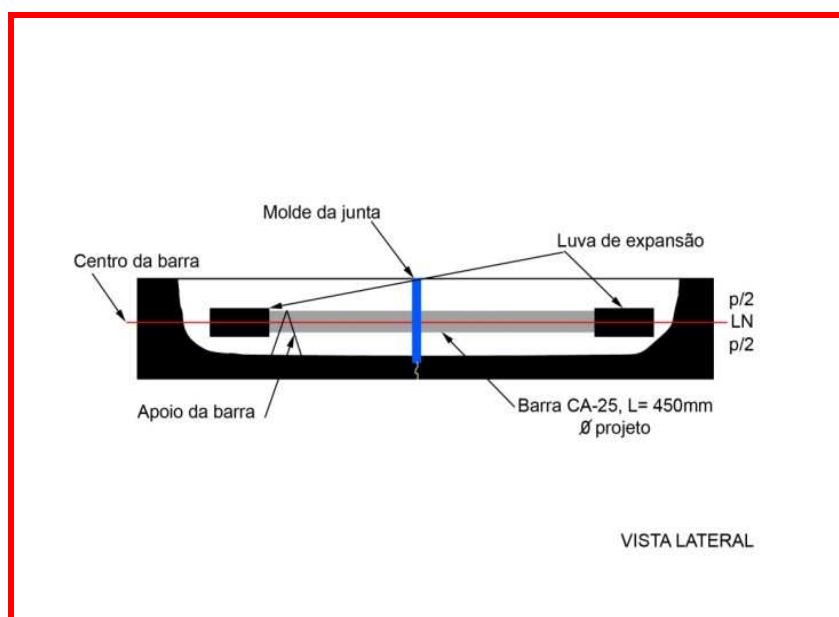


Figura 10 - Visão em corte da colocação das barras

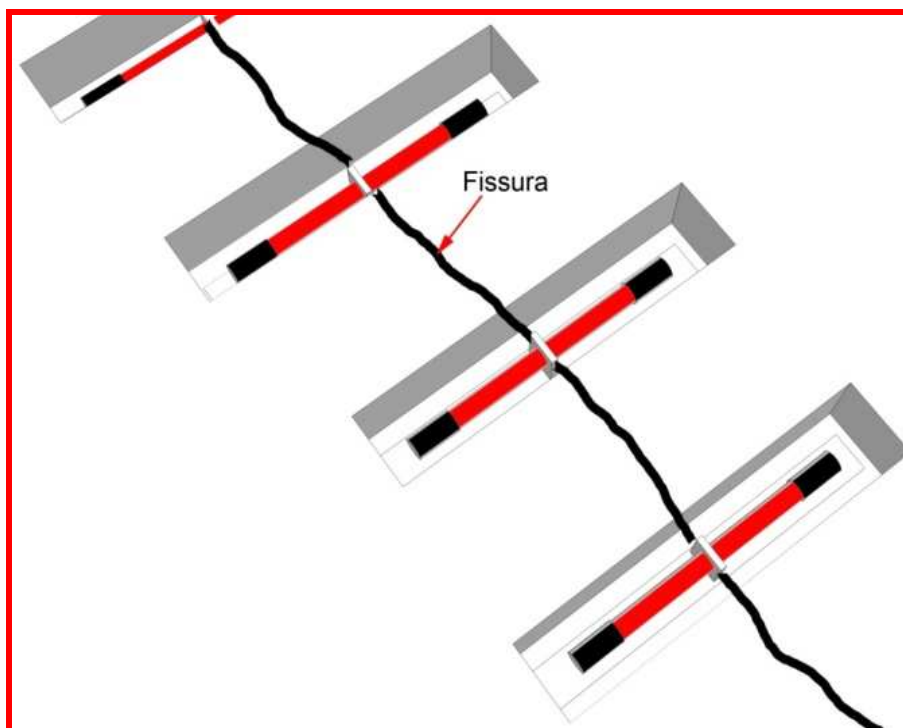


Figura 11 - Visão geral da posição das barras após a sua colocação

- h) preenchimento das cavidades com grout. Este grout pode ser concreto ou outro produto elastomérico desde que tenha a mesma resistência do concreto original (Figura 12);

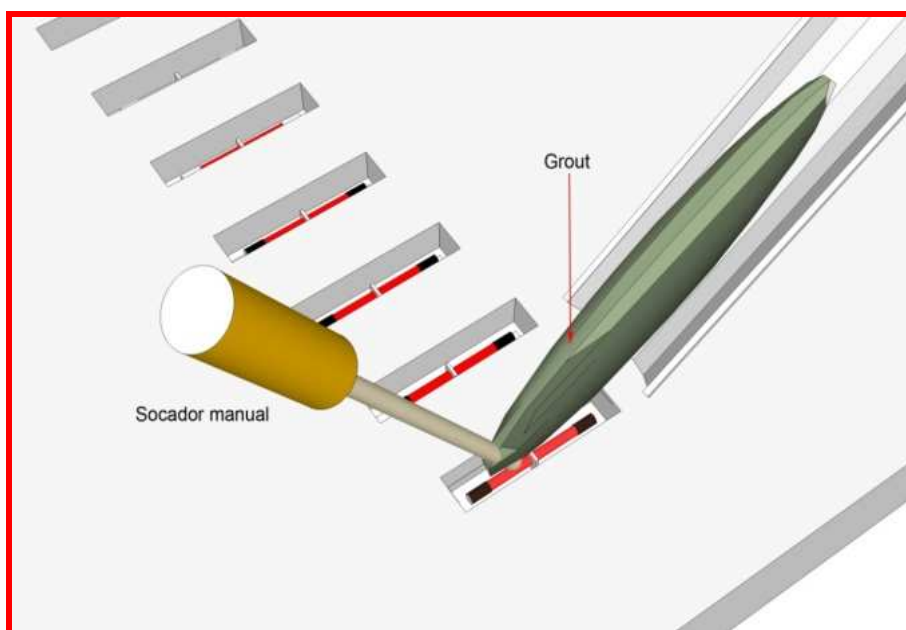


Figura 12 - Preenchimento do reparo com concreto ou grout

- i) proceder à cura. As operações de cura devem ser iniciadas tão logo terminem aquelas de acabamento superficial e devem ser as mais rigorosas possíveis. Iniciam-se com aplicação de um produto de cura química; assim que o concreto adquirir resistência tal que garanta a sanidade do acabamento superficial, a placa deve ser coberta com sacos de estopa ou aniagem, mantidos permanentemente úmidos durante 7 dias;
- j) fazer corte da fissura com disco de corte com uma espessura de 2 cm e profundidade de 5 cm de forma a para transformar a trinca em uma junta;
- k) proceder à limpeza do corte utilizando o mesmo procedimento que para limpeza da cavidade, anteriormente descrito;
- l) executar a selagem da junta, de acordo com o item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas.

3.1.2 Descrição do Procedimento para Grampeamento Cruzado (Cross Stitch)

Neste item será apresentada a técnica do cross stitch e para tanto a placa que será levada em conta é a 2B (Figura 13) segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

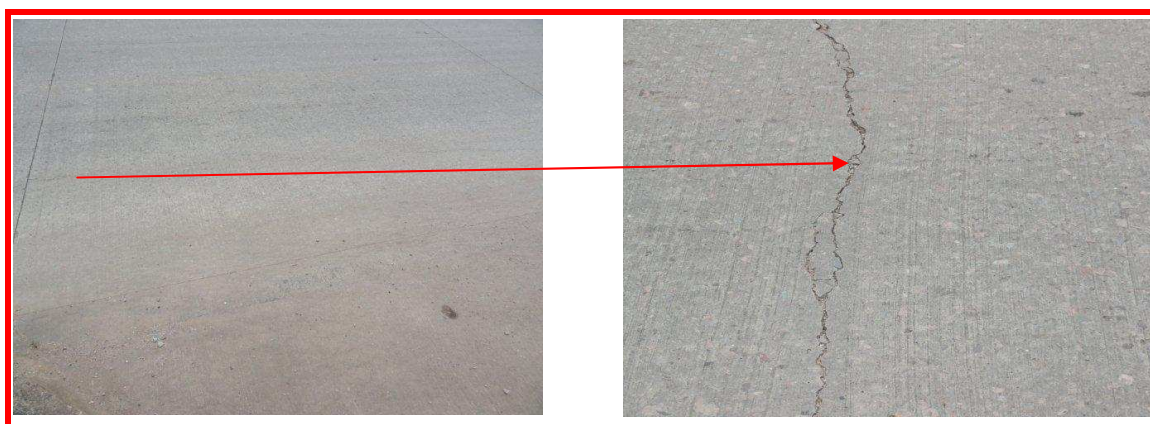


Figura 13 - Fissura Longitudinal na placa 2B

As etapas deste procedimento são:

- a) antes de se fazer o reparo, deve-se executar o projeto do mesmo, especificando a localização dos furos, seus espaçamentos e profundidades, bem como os materiais a serem usados;
- b) efetuar as marcações dos furos. Esta marcação deve levar em conta o projeto e as furações devem estar distantes de 61 cm para casos de tráfego pesado e de 91 cm nos casos de tráfego leve (Figura 14 e nota “a” da Figura 16);

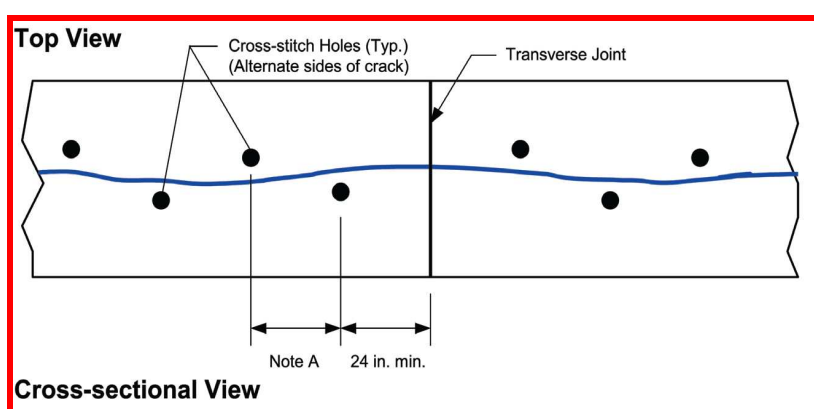


Figura 14 - Planta da furação em uma fissura longitudinal com uso do cross-stitch (IGGA, 2010)

- c) execução dos furos para colocação das barras. Os furos devem seguir uma inclinação de 35° a 45° com o piso e a profundidade não deve atravessar a placa (Nota “c” da Figura 16 e Figura 15). Os diâmetros dos furos devem ser os recomendados na Figura 16;



Figura 15 - Execução de furação para instalação das barras (IGGA, 2010)

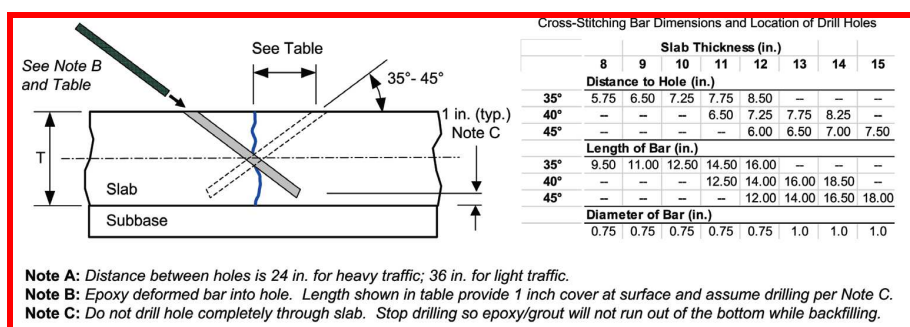


Figura 16 - Colocação das barras (IGGA, 2010)

- d) limpeza dos furos com jato de ar e água. Os furos devem ser limpos e secos antes de receber as barras e a resina ou o grout;
- e) colocação das barras e preenchimento com resina epóxi ou grout. O diâmetro das barras devem ser os recomendados na Figura 16 e devem representar o visto na Figura 17. As barras devem ficar a no mínimo 2 cm da superfície para não sofrerem com as intempéries e sofrerem corrosão;



Figura 17 - Colocação das barras e preenchimento com resina epoxídica (IGGA, 2010)

- f) obturar os furos com resina ou grout. Após a colocação das barras, devem-se preencher os orifícios com resina epoxídica até que não existam mais vazios no interior dos buracos. Ao final deve-se proceder ao arrasamento da resina, para o resultado ser conforme mostrado na Figura 18;



Figura 18 - Visão geral após a obturação dos buracos (IGGA, 2010)

- g) fazer corte da fissura com disco de corte com uma espessura de 2 cm e profundidade de 5 cm de forma a transformar a trinca em uma junta;
- h) proceder à limpeza do corte utilizando o mesmo procedimento que para limpeza da cavidade, anteriormente descrito;
- i) executar a selagem da junta, de acordo com o item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas.

3.1.3 Descrição do Procedimento para Grampeamento com Barras Paralelas

Neste item será apresentada a técnica do grampeamento com barras paralelas e para tanto a placa que será levada em conta é a 39B (Figura 19), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

As etapas deste procedimento são:

- a) demarcação a área do reparo;
- b) demarcação da fissura para melhor visualização durante o processo;

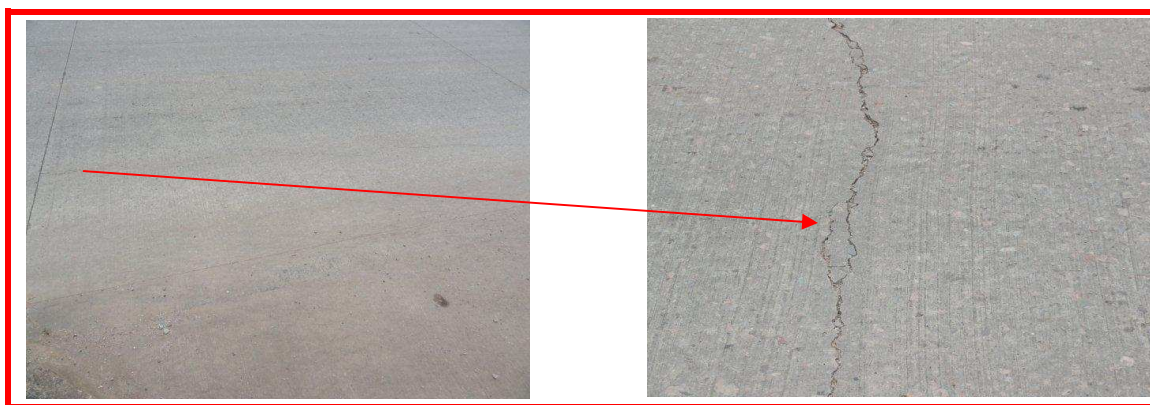


Figura 19 - Fissura longitudinal na placa 39B

c) demarcação das áreas a serem cortadas para recebimento dos grampos. Esta demarcação deve atender a alguns parâmetros, como mostra a Figura 20:

- os grampos devem ser de aço CA-50 e ter um diâmetro de 16 mm;
- devem ter um comprimento de 500 mm, sendo que dobrados 50 mm nas duas extremidades;
- devem distar 60 cm entre si;

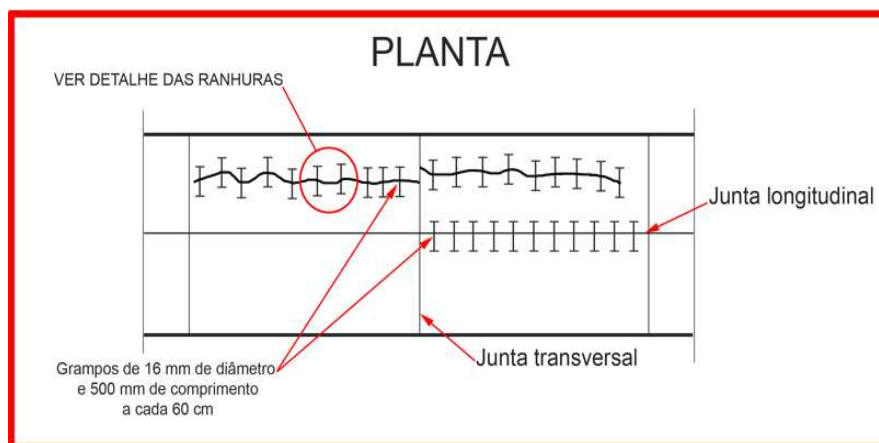


Figura 20 - Detalhe da demarcação do procedimento de grampeamento

d) corte das áreas a receberem os grampos. Estes cortes devem acarretar uma cavidade com as dimensões a seguir e mostrado na Figura 21:

- largura de 4 a 5 cm;
- comprimento de 45 cm;
- profundidade de $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$ da espessura da placa;

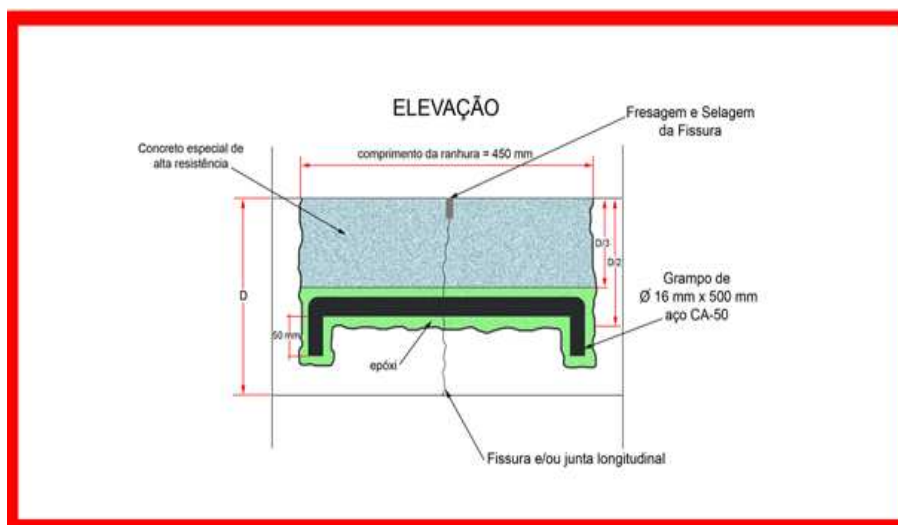


Figura 21 - Corte demonstrando a colocação dos grampos.

- e) retirada do material da cavidade através de martelete pneumático ou outra ferramenta que possa fazer o serviço, conforme Figura 22;

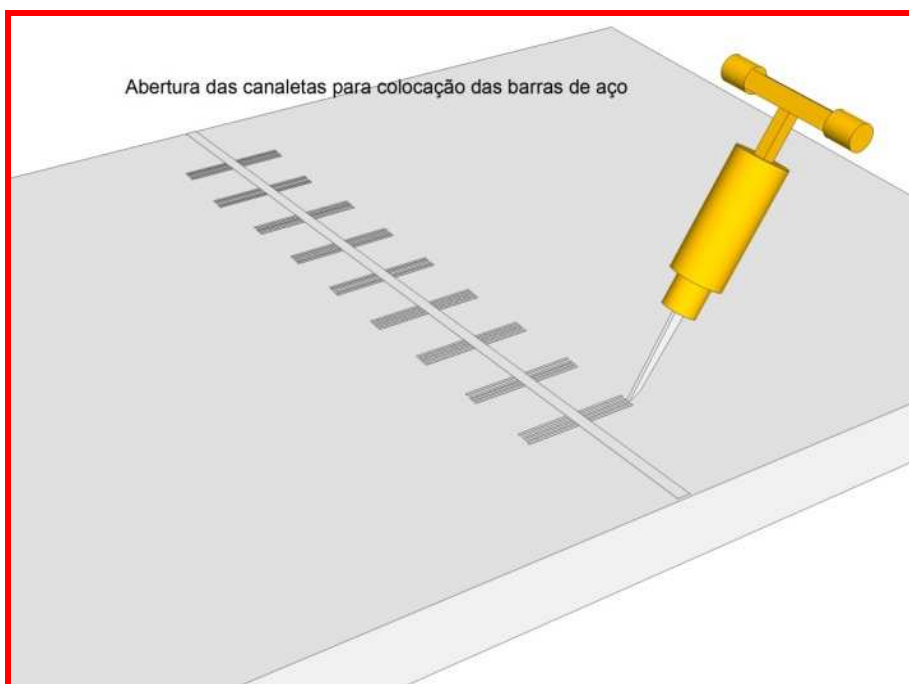


Figura 22 - Retirada do concreto com martelete pneumático.

- f) limpeza das cavidades e dos furos que receberão os grampos. As paredes do reparo devem ser limpas com jato de ar comprimido, removendo-se as partes soltas ou fracamente aderidas ao concreto, as paredes do reparo devem ser verticais e ásperas;

- g) aplicação de ponte de aderência através de resina epoxídica que garanta a fixação dos grampos ao concreto já existente;
- h) colocação dos grampos devidamente ajustados a fenda e aos buracos, sem deixar vazios nestes últimos;
- i) preenchimento das cavidades com grout. Este grout pode ser concreto ou outro produto elastomérico desde que tenha a mesma resistência do concreto original, conforme Figura 23;

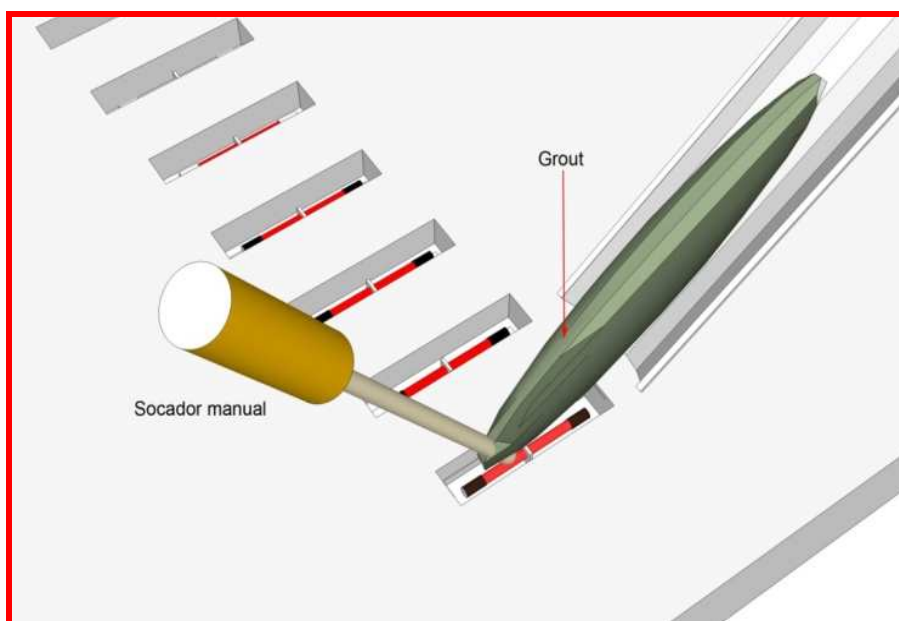


Figura 23 - Preenchimento do reparo com concreto ou grout

- j) proceder à cura. As operações de cura devem ser iniciadas tão logo terminem aquelas de acabamento superficial e devem ser as mais rigorosas possíveis. Iniciam-se com aplicação de um produto de cura química; assim que o concreto adquirir resistência tal que garanta a sanidade do acabamento superficial, a placa deve ser coberta com sacos de estopa ou aniagem, mantidos permanentemente úmidos durante 7 dias;
- k) fazer corte da fissura com disco de corte com uma espessura de 2 cm e profundidade de 5 cm de forma a para transformar a trinca em uma junta;

- l) proceder à limpeza do corte utilizando o mesmo procedimento que para limpeza da cavidade, anteriormente descrito;
- m) executar a selagem da junta, de acordo com o item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas.

3.2 PROCEDIMENTO PARA RESSELAGEM DE JUNTAS

No caso de defeitos da selagem das juntas, Giublin (2009), Silva (2008) e DNIT (2010), recomendam que a restauração seja feita utilizando-se a técnica da resselagem das juntas.

Na maioria dos procedimentos de restauração será necessária a selagem ou resselagem de juntas naturais ou criadas pelo processo. Para tanto este procedimento está sendo indicado onde se faz necessário.

A seguir apresenta-se a técnica da resselagem e para tanto as placas que serão levadas em conta são as 31 e 32B (Figura 24), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

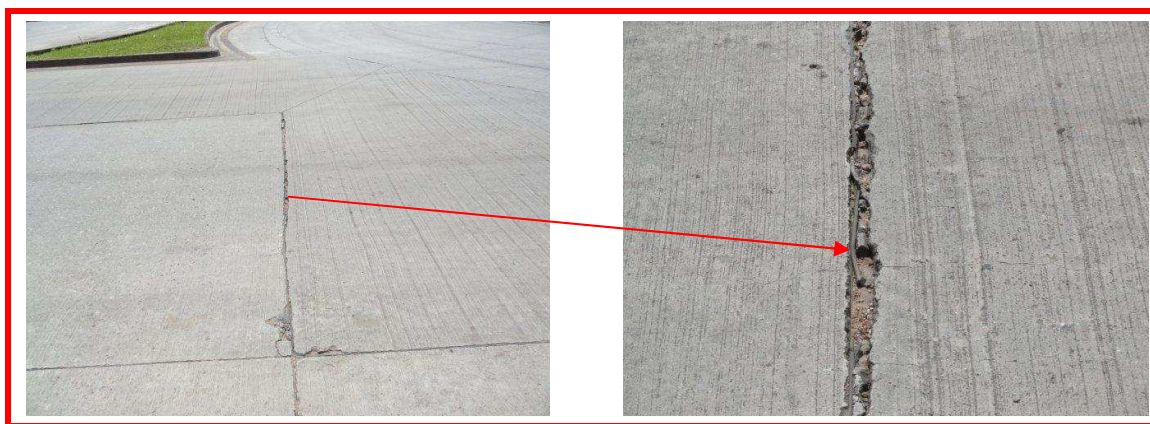


Figura 24 - Junta com necessidade de resselagem entre as placas 31 e 32B

As etapas deste procedimento são:

- a) retirada do material antigo e ou deteriorado;
- b) limpeza da junta com a utilização de ferramentas de corte e acabamento que penetrem na abertura e retirem qualquer detrito ou material solto;

- c) inserir material de apoio na abertura (Figura 25) e posicionando-o por meio da utilização da roda de inserção. Normalmente utiliza-se poliestireno como material de enchimento. A definição e a seleção dos materiais a serem utilizados na selagem das juntas deverão ser realizadas de acordo com a Norma DNIT 046/2004 - EM, que também apresenta os critérios para aceitação e rejeição do material;
- d) sobre o material de apoio o material selante deve ser colocado com cautela no interior dos sulcos, sem respingar na superfície. A quantidade a ser utilizada deve ser suficiente para preencher o sulco, porém sem provocar o transbordamento, caso ocorra, o excesso deverá ser removido e a superfície deverá ser limpa. A profundidade de penetração do material selante deverá ser aquela definida no projeto.

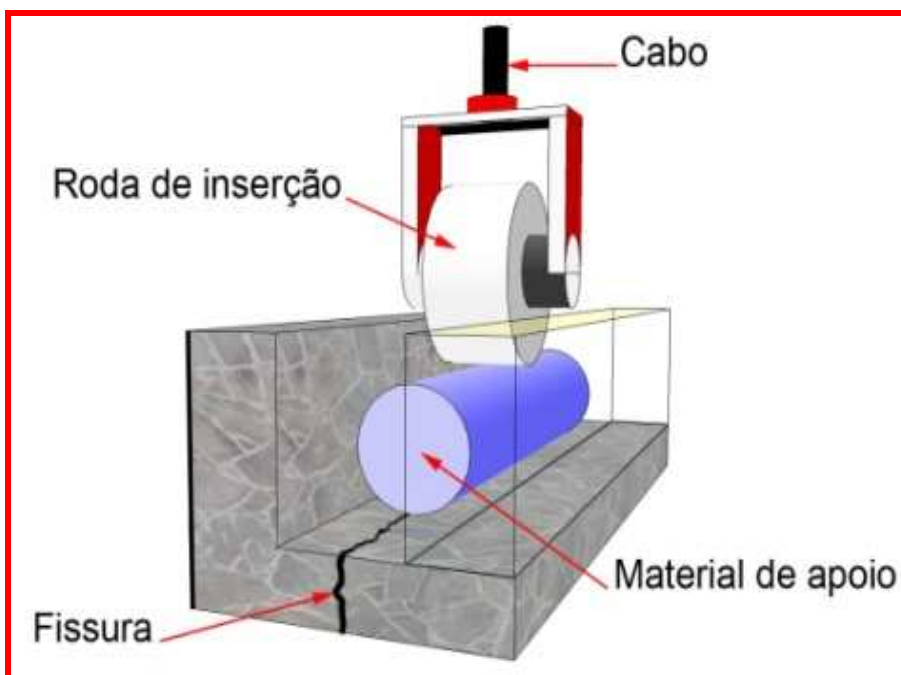


Figura 25 - Esquema para colocação de material de apoio

3.3 PROCEDIMENTO PARA COLMATAÇÃO DA FISSURA

Esta técnica é usada para fissuras de retração plástica ou pequenas fissuras inativas ou ainda para pequenas fissuras que aparecem antes da liberação ao tráfego do pavimento ainda novo.

Existem pequenas divergências entre os autores Silva (2008), Giublin (2009) e DNIT (2010) quanto à espessura. Respectivamente os autores recomendam a técnica do preenchimento da fissura com resina ou cimento para as seguintes espessuras: maior ou igual a 0,6 mm, inferior a 1 mm e até 0,4 mm. Para aberturas superiores, Giublin (2009) recomenda a técnica de injeção de micro cimento ou resina epoxídica e no caso do DNIT (2010) a técnica recomendada para fissuras acima de 0,4 mm é selagem da fissura.

3.3.1 Descrição do Procedimento para Preenchimento com Resina Epoxídica ou cimento

Neste item será apresentada a técnica do preenchimento com resina epoxídica ou cimento e para tanto a placa que será levada em conta é a 12B (Figura 26), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

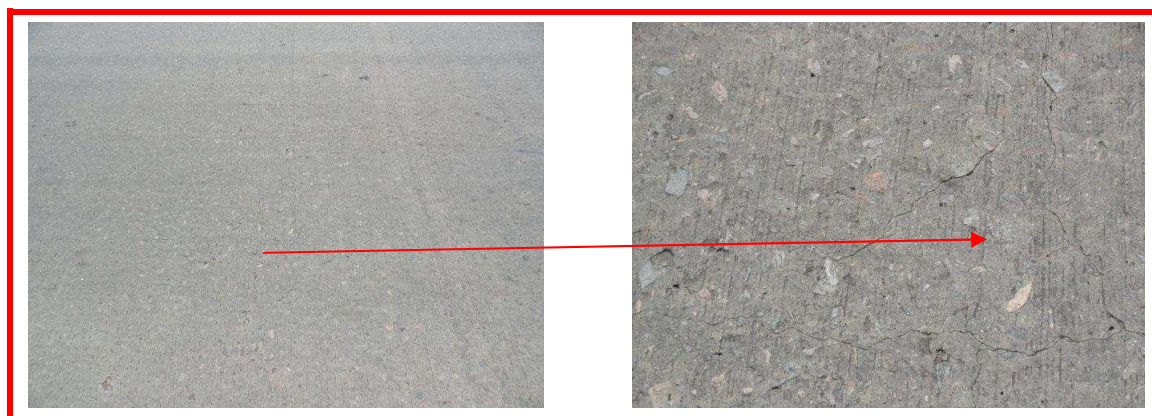


Figura 26 - Fissura por retração plástica na placa 12B

As etapas deste procedimento são:

- a) demarcar a área a ser recuperada;

- b) lixar a fissura mantendo sempre no mínimo 2,5 cm de espessura lixada para cada lado da fissura;
- c) limpar a área de restauração utilizando-se de ar comprimido isento de água e óleos e com pressão suficiente para retirada qualquer poeira, detritos ou partículas soltas;
- d) aplicar resina epoxídica ou cimento cuja viscosidade deve ser tal que permita a penetração do material em toda a extensão e profundidade da fissura;
- e) esta aplicação deve durar até que a fissura não absorva mais material;
- f) nos casos de fissuras ativas o material a ser utilizado deve ser elástico a ponto de permitir a movimentação da mesma sem comprometer o material aplicado. Nos casos de fissuras estáveis o material a ser aplicado pode ser rígido.

O manual do DNIT de 2010 apresenta alguns produtos que podem ser utilizados.

3.3.2 Descrição da Metodologia de Injeção com Micro Cimento ou Resina Epoxídica

Neste item será apresentada a técnica da injeção de micro cimento ou resina epoxídica e para tanto a placa que será levada em conta é a 17B (Figura 27), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

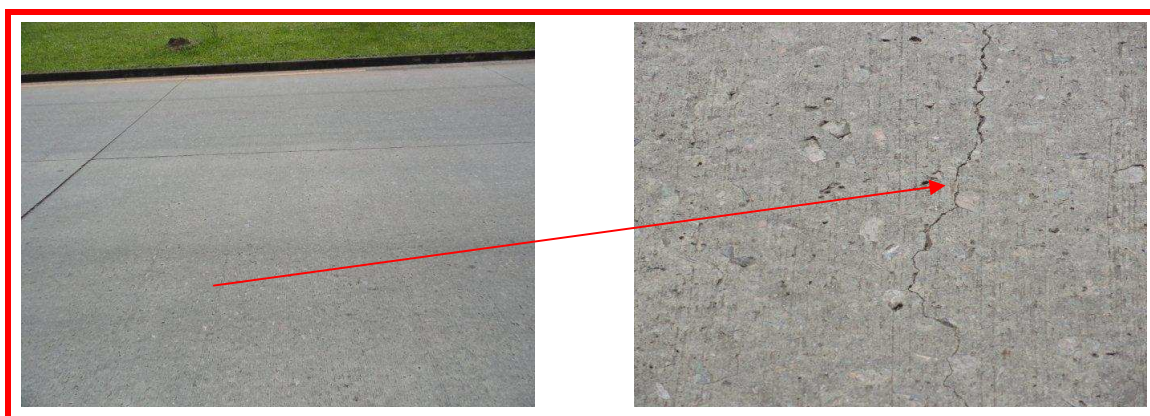


Figura 27 - Fissura por retração plástica na placa 17B

As etapas deste procedimento são:

- a) demarcar a área a ser recuperada;
- b) 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;
- c) estes furos devem estar espaçados em torno de 50 cm, devendo ser executados a seco, tendo-se a precaução de remover simultaneamente a poeira;
- d) 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;
- e) nestes furos devem ser colocados bicos de injeção de acordo com o material a ser utilizado, que devem ser fixados ao furo por meio de um adesivo estrutural fluido, à base de resina epóxi;
- f) para a contenção da resina de injeção, deve ser aplicado sobre toda a fissura um adesivo estrutural, à base de resina epóxi tixotrópica;
- g) na execução desta injeção deve ser empregada uma bomba para injeção (resina ou microcimento) de ar comprimido ou manual, devendo a pressão de injeção a ser utilizada a recomendada pelo fabricante do equipamento e do fornecedor do material;
- h) o material (resina ou microcimento) a ser utilizada nesta injeção deve ter baixa viscosidade, para permitir uma penetração mais eficiente na fissura;
- i) se a fissura apresentar movimentação, deve ser empregada uma resina que tenha baixa viscosidade, mas que seja flexível;
- j) 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;
- k) decorrido o período de cura (resina ou microcimento), que é aquele indicado pelo fabricante, devem os bicos de injeção ser removidos,

sendo a cavidade remanescente por eles formada preenchida com o mesmo material (resina ou microcimento) empregado na injeção;

- l) após o término da cura, 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.

3.3.3 Descrição da Metodologia de Selagem

Neste item será apresentada a técnica da selagem e para tanto a placa que será levada em conta é a 13B (Figura 28), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

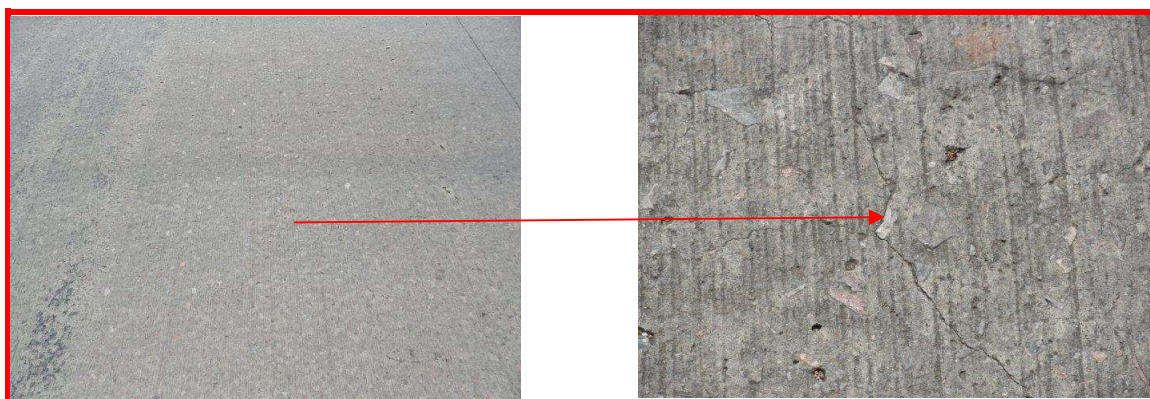


Figura 28 - Fissura por retração plástica na placa 13B

As etapas deste procedimento são:

- a) 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. 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;

- b) 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;
- c) a partir deste ponto deve-se proceder como no item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas. As condições dos materiais a serem aplicados devem atender as recomendações do DNIT (2010).

3.4 REPARO DE ESPESSURA PARCIAL

Esta técnica é usada para restauração de esborcinamento de juntas, trincas superficiais, pequenos defeitos superficiais, pequenos buracos, delaminações, erosão e marcas de patas de animais que atinja no máximo 1/3 da espessura da placa e não atinjam as dimensões da mesma.

A metodologia de reparo de espessura parcial é descrita em Giublin (2009) e Silva (2008). Já a de pequenos reparos é também descrita por DNIT (2010).

3.4.1 Descrição da Metodologia de Reparo de Espessura Parcial de Placa

Neste item será apresentada a técnica de reparo de espessura parcial para tanto a placa que será levada em conta é a 3A (Figura 29), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

As etapas deste procedimento são:

- a) delimitar a área danificada de forma que os reparos tenham um formato preferencialmente geométrico (quadrado ou retângulo), cujas dimensões mínimas sejam de 30 cm de comprimento e 20 cm de largura. As arestas delimitadoras devem ultrapassar o defeito em

7,5 cm para cada lado. Se houverem mais áreas a serem reparadas, estas devem distar umas das outras de 60 cm, caso contrário deve-se unificá-las;



Figura 29 - Fissura de canto na placa 3A

- b) cortar o concreto verticalmente para evitar lascamentos e facilitar a aderência entre concretos (novo e antigo). Este corte deve ter uma profundidade de $h/3$. A parte interna do reparo deve ser retirada com auxílio de martelo leve para evitar a fissuração, o qual deve ser usado em um ângulo de 45° ;
- c) remover o concreto velho;
- d) limpar a área (fundo e paredes) com jato de areia ou água de alta pressão, a fim de remover partículas soltas ou levemente aderidas. Após este fazer um jateamento de ar sob pressão;
- e) no caso de esborcinamento de junta e de reparos que incluam uma junta, deve-se inserir juntas pré-moldadas;
- f) com a superfície seca e limpa aplicar uma fina camada de ponte de aderência ou primer à base de resina epoxídica. A aplicação deve ser feita sobre o fundo, paredes e avançar 3 cm sobre o concreto adjacente, utilizando para isto uma escova de cerdas rígidas;
- g) após a aplicação da resina epoxídica e antes que este material seque, lançar cuidadosamente o material de reparo e vibrá-lo de forma a eliminar o ar retido no interior da massa e desta forma eliminar os

vazios. O material a ser aplicado deve ter uma resistência à tração na flexão de 4,5 MPa aos 28 dias;

- h) pintar as bordas com uma fina camada de pasta de cimento (1:1), utilizando uma trinch. Este procedimento evita a entrada de água no reparo e a delaminação;
- i) texturizar o reparo do mesmo modo que o concreto adjacente;
- j) imediatamente após a texturização iniciar a cura química. Quando o material aplicado tiver resistência à penetração de um dedo, iniciar a cura úmida, empregando para tais sacos ou mantas mantidas permanentemente molhadas por um período de 7 dias;
- k) no caso em que seja necessária a recomposição da selagem da junta, utilizar o procedimento descrito em item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas.

3.4.2 Descrição da Metodologia de Pequeno Reparo Junto à Junta

Neste item será apresentada a técnica do pequeno reparo e para tanto a placa que será levada em conta é a 383C - Pista 2 (Figura 30), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

As etapas deste procedimento são:

- a) 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;
- b) em seguida, com martetele 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;
- c) 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;

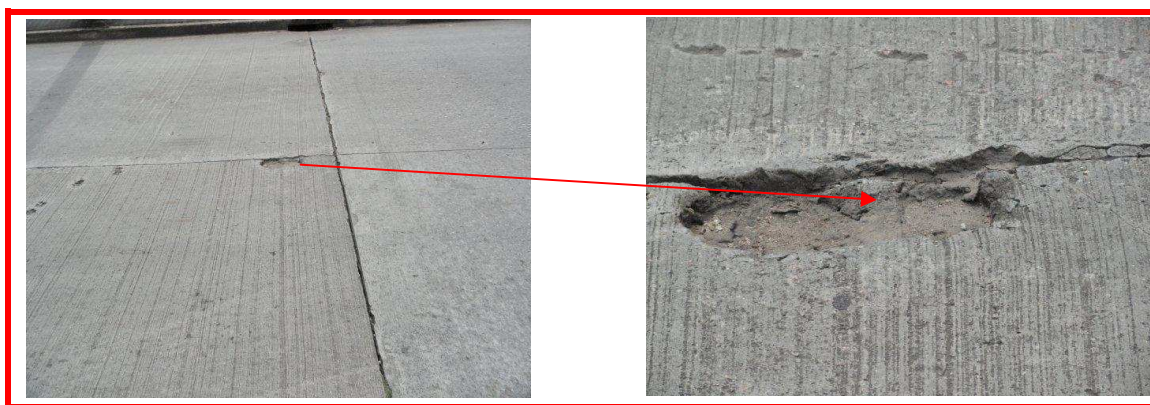


Figura 30 - Necessidade de pequeno reparo junto à junta na placa 383C - Pista 2

- d) 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 epoxídica, 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);
- e) 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;
- f) 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;
- g) logo em seguida, lança-se o concreto, que deve ter as seguintes características básicas: consumo de cimento mínimo de 350 kg/m³; dimensão máxima do agregado igual ou inferior a 1/3 da espessura do reparo;
- h) 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;

- i) a superfície do concreto deve ser acabada, conforme o tipo de textura do pavimento;
- j) a junta deve ser refeita e para isto deve-se proceder conforme item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas;
- k) 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.

3.4.3 Descrição da Metodologia de Pequeno Reparo

Neste item será apresentada a técnica do pequeno reparo e para tanto a placa que será levada em conta é a 394B - Pista 2 (Figura 31), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).

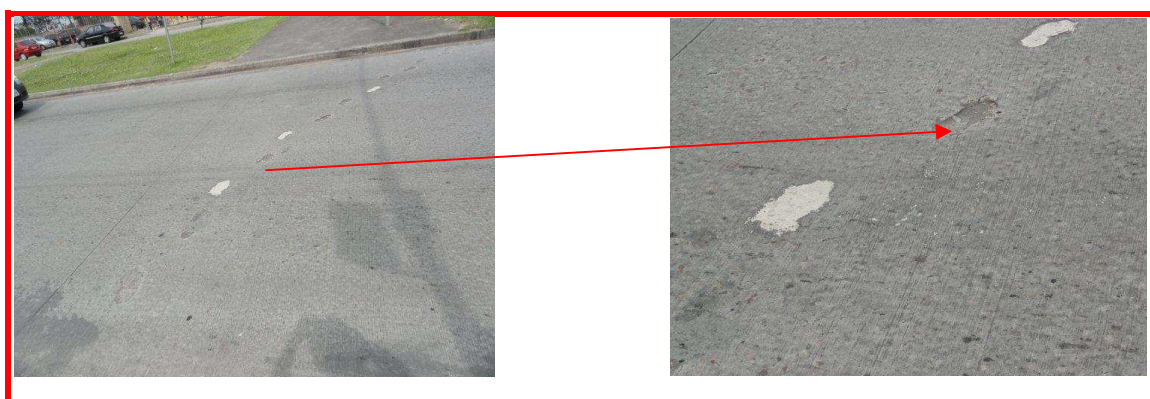


Figura 31 - Necessidade de pequeno reparo na placa 394B - Pista 2

As etapas deste procedimento são as mesmas do item 3.4.2 (Descrição da Metodologia de Pequeno Reparo Junto à Junta) salvo não ser necessária a colocação de talisca de madeira, plástico ou isopor, para recompor a junta (alínea g de 3.4.2) e também não precisar refazer a junta (alínea j de 3.4.2).

3.5 REPARO DE PLACA PARCIAL

Esta técnica é usada para restauração de quebras de canto, juntas e/ou trincas muito deterioradas, placas divididas (trincas interligadas), quebras de canto e fissuras transversais, desde que menos de $\frac{2}{3}$ da placa foi afetada por um ou mais defeitos. Tem por objetivo restaurar a capacidade estrutural e o conforto de seu uso e se aplica sempre que a profundidade do reparo ultrapassar a espessura da placa.

A metodologia de reparo de placa parcial é descrita em Giublin (2009) e Silva (2008).

3.5.1 Descrição da Metodologia de Reparo de Placa Parcial

Neste item será apresentada a técnica de reparo de placa parcial para tanto a placa que será levada em conta é a 391A-Pista 2 (Figura 32), segundo levantamento de Souza et al (2010).

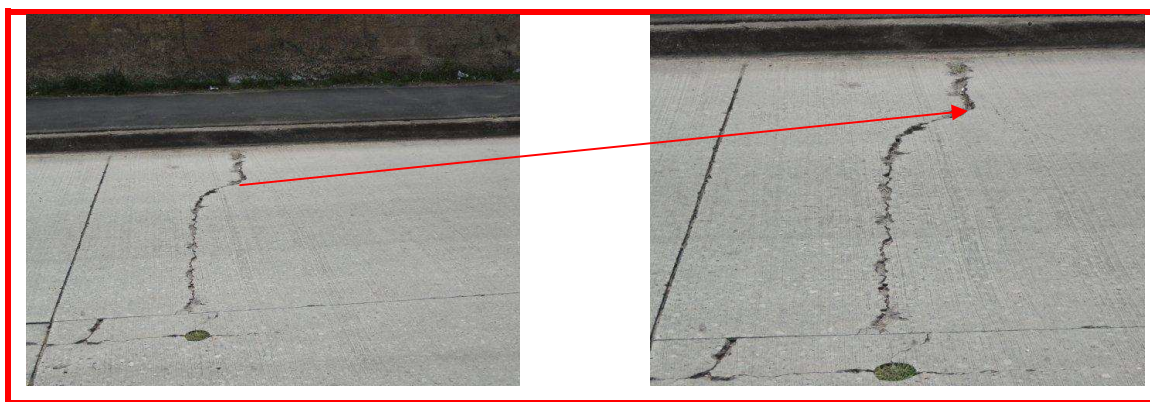


Figura 32 - Reparo de placa parcial, placa 391A- Pista 2

As etapas deste procedimento são:

- a) delimitar a área da placa a ser removida;
- b) cortar o concreto em uma profundidade de $h/4$ nos limites do reparo da placa e na espessura plena nos demais locais. A escolha dos locais de cortes (sem serem os de limites) são definidos para facilitar a remoção do concreto. Nos limites da placa a profundidade é menor ($h/4$) para controlar a quebra e evitar quebras nas placas adjacentes

(Figura 33). Após a retirada total do concreto deve-se retirar as barras de ligação, por meio de corte;



Figura 33 - Cortes controlados para retirada de placa. (GIUBLIN, 2009)

- c) remover os pedaços de placa e deixar a área total da placa sem concreto antigo;
- d) analisar a sub-base, com relação a sua capacidade de restrição, presença de buracos, deflexões excessivas, amolecimento e drenos. Caso se verifique alguma anomalia as mesmas devem ser recuperadas antes da continuidade do processo;
- e) proceder à furação para instalação das barras de transferência a uma altura de $h/2$ (linha neutra);
- f) devem-se limpar os furos por meio de ar comprimido e água;
- g) certificar que os furos estejam limpos e secos;
- h) aplicar o epóxi e instalar as barras de transferência;
- i) instalar as telas de reforço e lona plástica, se necessário;
- j) preparar as juntas longitudinais e transversais;
- k) colocar separador na face das juntas longitudinais e transversais;

- l) engraxar as barras de transferência;
- m) logo em seguida, lança-se o concreto, que deve ter mesmas características do concreto de projeto;
- n) a superfície do concreto deve ser acabada, conforme o tipo de textura do pavimento;
- o) a junta deve ser refeita e para isto deve-se proceder conforme item 3.2 - Procedimento para resselagem de juntas;
- p) 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.

3.6 REPARO DE PLACA TOTAL

Esta técnica é usada para restauração placas onde mais de 2/3 da mesma foi afetada por um ou mais defeitos. Tem por objetivo restaurar a capacidade estrutural e o conforto de seu uso.

A metodologia de reparo de placa total é descrita em Giublin (2009), Silva (2008) e DNIT (2010).

3.6.1 Descrição da Metodologia de Reparo de Placa Total

A técnica de reparo de placa total é a mesma do procedimento de reparo de placa parcial descrito no item 3.5.1 e para tanto a placa que levada em conta é a 4B (Figura 34), segundo levantamento de Souza et al (2010).

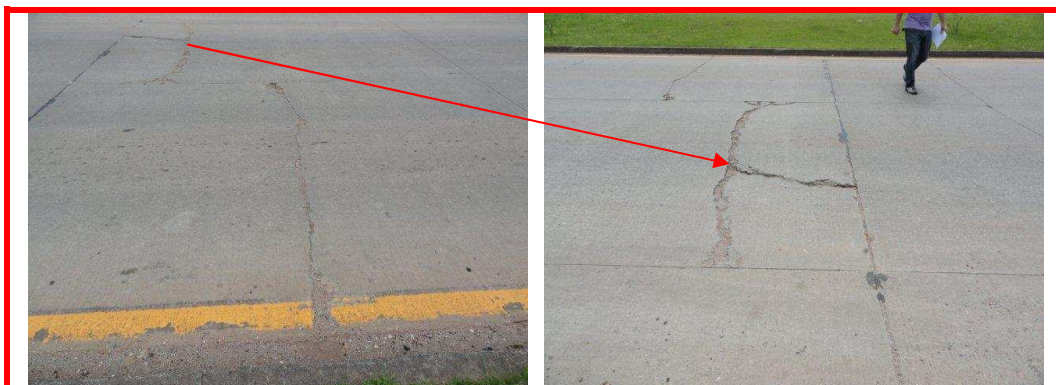


Figura 34 - Placa (4A) dividida

3.7 REPARO COM MICRO FRESAGEM

Esta técnica é usada para restaurar o conforto de rolamento, restabelecer a aderência entre os pneus e a pista de rolamento e corrigir declividade transversal.

A metodologia deste reparo é descrita em Giublin (2009).

3.7.1 Descrição da Metodologia de Reparo com Micro Fresagem

Neste item será apresentada a técnica de reparo com micro fresagem para tanto a placa que será levada em conta é a 381B - Pista 2 (Figura 35), segundo levantamento de Souza *et al.* (2010).



Figura 35 - Desgaste Superficial na placa 381B - Pista 2

As etapas deste procedimento são:

- a) limpeza da área a ser trabalhada para que a mesma não contenha detritos, matéria orgânica que possam interferir no processo;

- b) analisar e medir as imperfeições da superfície;
- c) marcar topograficamente os locais com imperfeições;
- d) execução dos serviços de fresagem com equipamento adequado;
- e) comprovar se os resultados obtidos são os esperados. Caso não refazer os serviço.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresentar-se-á as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recomendações técnicas descritas pelo DNIT (2004, 2010), Giublin (2009) e Silva (2005), são viáveis e aplicáveis para se restaurar as placas de concreto da Av. dos Trabalhadores.

As técnicas mostradas são o resultado da compilação dos procedimentos apresentados pelos autores estudados, uma vez que elas contem poucas diferenças na sua descrição.

Para os dez defeitos catalogados (Gráfico 1), foram descritas sete técnicas, sendo que 3 se aplicam a apenas um tipo de defeito, enquanto que as quatro demais se aplicam a três tipos de defeito cada (Tabela 3).

Mesmo assim para cada técnica existe mais de um procedimento em função do problema a ser tratado. No total foram descritos treze procedimentos, reunidos a partir da bibliografia.

Ao elaborar esta pesquisa não se teve a intenção de se apresentar todos os métodos de restauração aplicáveis a pavimentos de concreto. A deficiência de bibliografia nacional e estrangeira sobre o assunto dificultou, mas não impediu que levasse até o final o propósito de apresentar para um caso real e levantado por Souza *et al.* (2010), quais as práticas atuais de restauração são aplicáveis aos defeitos encontrados naquele trabalho.

Com outros levantamentos de ICP - Índice de Condição do Pavimento que poderão ser feitos em pavimentos existentes não só em Curitiba, mas no Brasil,

pode-se chegar a uma condição de se ter levantados todos os tipos possíveis de reparos para este tipo de pavimento.

Com estes dados poderá ser revista as normas pertinentes e manuais e se ter uma bibliografia que possa representar a realidade do que existe hoje no assunto de restauração em pavimentos de concreto.

Este trabalho também tem o caráter de ajudar, em conjunto com o trabalho de Souza *et al.* (2010), os órgãos da administração municipal da cidade de Curitiba, sobre quais os problemas existentes no pavimento em questão, bem como a forma de restaurá-lo.

4.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- Estudar diversas técnicas de restauração em outros pavimentos de concreto.
- Estudar casos reais de restauração, visando verificar as técnicas e seus detalhes.
- Monitorar reparos realizados com estas técnicas de restauração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

DNIT. **EM 046/2004**: Pavimento rígido - Selante de juntas - Especificação de material. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 060/2004**: Pavimento rígido - Inspeção visual. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 062/2004**: Pavimento rígido - Avaliação objetiva. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 063/2004**: Pavimento rígido - Avaliação subjetiva. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **ES 067/2004**: Pavimento rígido - Reabilitação - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **TER 061/2004**: Pavimento rígido - Defeitos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Pav%20Rigidos%202010.pdf>
Acesso em 07/08/2010 as 23:45 horas.

FORSTER, Stephen W. **Concrete Materials and Mix Design for Durable Pavements**, in Proceeding, Sixth International Purdue Conference on Concrete Paviment, November 1997.

GARNETT NETO, Gustavo. **Estudo técnico e econômico da manutenção de um pavimento de concreto**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIUBLIN, Carlos Roberto. Apostila, Disciplina: **Patologias em Pavimentos Rígidos**. Curitiba, 2009.

GONÇALVES, Josilena Maria Zanello. **Arquitetura Moderna no Centenário de Emancipação Política do Paraná: a construção de um marco de referência**. São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GOOGLE MAPS. **Google - Dados Cartográficos**. 2010. 1 mapa. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?f=q&source=s_q&hl=pt-BR&geocode=&q=zacariasgomes+de+souza&aq=&sll=-14.239424,-53.186502&sspn=38.485763,56.162109&ie=UTF8&hq=&hnear=R.+Zacarias+Gomes+de+Souza+-+Uberaba,+Curitiba+-+Paran%C3%A1,+81550-390&ll=-25.487832,-49.207335&spn=0.01782,0.027423&z=15>. Acesso em 03/09/2010.

GSCHÖSSER, Florian; BÖSCH, Michael; WALLBAUM, Holger. **Hidden Ecological Potentials**. CIB, Salford Quays-UK, 2010. Disponível em: http://www.ibi.ethz.ch/nb/publications/papers/201005_Gschoesser.et.al_Hidden.ecological.potentials.pdf. Acesso em 02/07/2010 às 17:36 horas.

IGGA - INTERNATIONAL GROOVING AND GRINDING ASSOCIATION. **Stitching Concrete Pavement**. Disponível em <http://www.igga.net/StitchingConcretePavementFactSheet.pdf>. Acesso em 03/09/2010.

KLEIN, Carlos Henrique. **Pavimento de concreto - uma boa solução ambiental**. Disponível em: <http://instituto5dejunho.blogspot.com/2009/03/pavimento-em-concreto-uma-boja-solucao.html>. Acesso em 04/08/2010 às 19:45 horas.

MOSCHETTI, Ricardo. **Pavimento de concreto é mais durável e oferece maior segurança aos usuários nas estradas**. São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.difundir.com.br/site/c_mostra_release.php?emp=1334&num_release=23815. Acesso em 03/08/2010.

SOUZA, Júlio Mazza de; GÖES, Lorene Elizabeth Rother; VON BUERNER, Miriam Greiffo. **Determinação do índice de condição do pavimento da Avenida dos Trabalhadores em Curitiba**. Curitiba, 2010. 61 f. Monografia (Especialização) - Instituto IDD. Curso de Pós-Graduação em Patologia nas Obras Civis. Curitiba, 2010.

SENÇO, Wlastermiller. **Manual de Técnicas de Pavimentação - Vol. II**. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. São Paulo: PINI, 2005. 114 p. ISBN 857266159X