



**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTO, DE
ACORDO COM O DNIT, DO PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO
LOCALIZADO NA AVENIDA EUSÉBIO MATOSO – SÃO PAULO/SP**

SÃO PAULO
2018



RICARDO HENRIQUE JUNQUEIRA

ZHU XINGYI

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTO, DE
ACORDO COM O DNIT, DO PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO
LOCALIZADO NA AVENIDA EUSÉBIO MATOSO – SÃO PAULO/SP**

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

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2018

AGRADECIMENTOS

À equipe de professores do IDD pela contribuição do aprendizado durante esses dois anos de curso, onde se obteve grandes conhecimentos e amigos. Ao engenheiro civil Giublin, por conselhos valiosos e orientações importantíssimo para a realização desse trabalho. Agradeço aos Engenheiros Civil, De Luca, Ricardo e André, pela orientação desse Trabalho de Conclusão de Curso ao longo de todo o curso. A todos de colaboraram com esse trabalho diretamente e indiretamente, amigos e familiares.

FOLHA DE APROVAÇÃO

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTO, DE ACORDO COM O DNIT, DO PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO LOCALIZADO NA AVENIDA EUSÉBIO MATOSO

Por

RICARDO HENRIQUE JUNQUEIRA

ZHU XINGYI

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.

São Paulo (SP) ____ de _____ de _____.

Nome do Professor Orientador

Nome do Prof. Co-orientador

Nome do terceiro professor integrante da banca

RESUMO

Esse trabalho científico se deve ao estudo da qualidade do pavimento de concreto da Avenida Eusébio Matoso, São Paulo – SP, de acordo com a norma do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). O índice usado pelo DNIT para determinar o conceito de um pavimento é o ICP (Índice de Condição do Pavimento), que pode ser usado também para ajudar a escolha do momento de intervenção no pavimento para uma determinada manutenção. Foi feito uma análise no local, placa a placa, identificando as patologias encontradas com base na “Ficha de Inspeção Visual” da norma DNIT 060/2004 –PRO. Para a fundamentação teórica, foi pesquisado os procedimentos executivos de pavimento rígidos de concreto, já que grande parte das patologias em concreto, tanto em pavimento como em estruturas, se deve a falhas de execução como falta de acompanhamento técnico ou de mão-de-obra especializada. Os dados obtidos em campo foram compilados e pontuados, e por fim, cada subtrecho foram encontrados seus ICPs e assim verificando o conceito final do trecho. Com a análise do conceito final verificamos que o trecho se encontra em bom estado de conservação, contudo, algumas patologias foram recorrentes em todo o trecho, como as falhas na selagem das juntas (longitudinal e transversal), fissuras lineares e esborcinamento das juntas. Também foram registrados alguns defeitos incomuns pontuais, como pino sobressalente e marcas superficiais.

Palavras chave: manifestações patológicas, concreto, pavimento, pavimento rígido, pavimento de concreto, índice de condição do pavimento, DNIT, avaliação objetiva de pavimentos rígidos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de pavimentos e sua fundação – Fonte: http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/PavimentosFlexiveiseRigidos_LucasAdada.pdf , Acessado na data 09/11/2017	23
Figura 2 – Ilustração de Alçamento de placas – Fonte: Material de aula Profº:Giublin	30
Figura 3 – Ilustração de degrau de junta – Fonte: Material de aula Profº Giublin.....	32
Figura 4 – Ilustração de desgaste superficial – Material de aula Profº Giublin	37
Figura 5 – Conceito do pavimento em função do ICP	44
Figura 6: imagem do trecho onde foi realizado a vistoria – Fonte: Google Maps.....	45
Figura 7: imagem da via de pavimento rígido onde foi realizado a vistoria – Fonte: http://mapio.net/s/29923585/ - acesso na data: 10/11/2017	46
Figura 8: imagem do pavimento rígido sendo construído – Fonte: http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/sao-paulo-adota-corredores-de-concreto-235518-1.aspx - data de acesso: 10/11/2017	47
Figura 9 – Ficha de inspeção (anexo G Norma DNIT 060/2004 – PRO)	48
Figura 10 – Degrau na junta – Grau de severidade moderado – Placa 1B.....	49
Figura 11 – Fissura transversal – Grau de severidade baixo – Placa 2A	50
Figura 12 – Fissura transversal – Grau de severidade moderado – Placa 34B	50
Figura 13 – Fissura longitudinal – Grau de severidade baixo – Placa 37A	50

Figura 14 – Fissuras transversais paralelas – Grau de severidade moderado – Placa 12B.....	50
Figura 15 – Quebra de canto – Grau de severidade moderado - Placa 6A	51
Figura 16 – Quebra de canto – Grau de severidade baixo – placa 12A	51
Figura 17 – Quebra de canto – Grau de severidade moderada - Placa 3A	51
Figura 18 – Quebra de canto – Grau de severidade baixo – Placa 30B	51
Figura 19 – Fissura de canto – Grau de severidade baixo – Placa 2A ..	52
Figura 20 - -Fissura de canto – Grau de severidade moderado – Placa 10 ^a	52
Figura 21 – Desgaste superficial – Grau de severidade único – Placa 9B.....	53
Figura 22 – Grandes reparos – Grau de severidade alto – Placa 13A ..	54
Figura 23 – Grande reparo – Grau de severidade baixo – 14A	54
Figura 24 – Pequenos reparos – Grau de severidade baixo – Placa 18A	55
Figura 25 – Quebra localizada – Grau de severidade moderada – Placa 13A	56
Figura 26- -Quebra localizada – Grau de severidade moderado – Placa 79A	56
Figura 27 – Quebra localizada – Grau de severidade alto – Placa 83B	56
Figura 28 – Quebra localizada – Grau de severidade alto – Placa 69A	56
Figura 29 – Placa dividida – Grau de severidade baixo – Placa 35A ..	57
Figura 30 – Retração plástica – Grau de severidade baixo – Placa 29A	58

Figura 31 – Retração plástica – Grau de severidade baixo – Placa 45A	58
Figura 32 – Esborcinamento das juntas – Grau de severidade alto – Placa 39B	59
Figura 33 – Falha na selagem das juntas – Grau de severidade alto – Ruptura do selante	60
Figura 34 – Falha na selagem das juntas – Grau de severidade alto – Ausência de selante	60
Figura 35 – Pinos sobressalentes – Placa 55A	61
Figura 36 – Marcas sobre a superfície do pavimento – Placa 7B	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 1-10.	64
Tabela 2 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 11-20	64
Tabela 3 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 21-30	65
Tabela 4 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 31-40	65
Tabela 5 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 41-50	66
Tabela 6 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 51-60	66
Tabela 7 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 61-70	67
Tabela 8 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 71-80	67
Tabela 9 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 81-90	68
Tabela 10 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 91-100	68
Tabela 11 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 101-110	69
Tabela 12 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 111-120	69
Tabela 13 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 121-130	70
Tabela 14 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 131-140	70
Tabela 15 – ICP de Subtrechos e ICP do total do trecho	71

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação para Determinação do ICP.....	43
---	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
FOLHA DE APROVAÇÃO	6
RESUMO	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	8
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE EQUAÇÕES.....	12
SUMÁRIO.....	13
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. HIPÓTESE	16
1.4. JUSTIFICATIVAS	17
1.4.1. Econômicas	17
1.4.2. Sociais	17
1.4.3. Ecológicas	18
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	18
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. PAVIMENTOS	20
2.1.1. Definições e função	20
2.1.2. Classificação dos pavimentos.....	20
2.1.3. Camadas de diferentes classes de pavimentos	22
2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS	23
2.2.1. Tipos de Pavimentos Rígidos	23
2.2.2. Etapas de Execução	24

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS DE CONCRETO.....	29
2.3.1. Patologia e definição	29
2.3.2. Tipo de defeito e grau de severidade.....	29
2.4. ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	41
2.4.1. Inspeção visual DNIT 060/2004 –PRO.....	42
2.4.2. Avaliação objetiva DNIT 062/2004 - PRO	42
3. ESTUDO DE CASO.....	45
3.1. LOCALIZAÇÃO DO TRECHO A SER ESTUDADO.....	45
3.2. MATERIAIS PARA INSPEÇÃO VISUAL	47
3.3. INSPEÇÃO VISUAL NO TRECHO.....	48
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
4.1. EXEMPLO DE CÁLCULO DO ICP.....	62
4.2. APRESENTAÇÃO DAS FICHAS PREENCHIDAS	63
4.2.1. Resumo dos índices de condição do pavimento (ICP).....	70
4.3. GRÁFICOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	72
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
5.1. COMENTÁRIOS DOS RESULTADOS OBTIDOS	75
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
7. ANEXOS	80
7.1. CURVAS PARA A DETERMINAÇÃO DO VALOR DEDUZÍVEL NO CÁLCULO DO ICP – NORMA 062/2004 –PRO.....	81
7.2. QUADRO GERAL DAS PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM CAMPO	86

1. INTRODUÇÃO

Apesar do pavimento de concreto não ser o material mais empregado para a pavimentação no Brasil, tem se mostrado consideravelmente vantajoso quando utilizado em estruturas que necessitam de longo tempo de uso, com necessidades de baixo custo de manutenção e garantia de uso contínuo. Portanto, a inspeção rotineira e manutenção se tornam atividades chaves para garantir a vida útil deste.

Ao se levar em conta que a duração média dos pavimentos asfálticos serem muito inferiores aos pavimentos de concreto, podemos fazer um custo final do pavimento de concreto competitivo com o pavimento asfáltico. Isso cria uma nova opção, economicamente viável, para execução de pavimentos, além poder trabalhar com características especiais de suporte fornecidas pelo concreto armado e protendido.

Em vista do exposto, observa-se que o pavimento de concreto é uma alternativa eficaz e viável, sob o aspecto técnico e econômico, constituindo-se uma excelente, e muitas vezes única, solução de engenharia para a pavimentação de rodovias, vias urbanas, portos, aeroportos, sistemas viários industriais e comerciais, com custo inicial competitivo, baixíssimo custo de manutenção e grande durabilidade (Dutra, 2014).

Um pavimento, seja ele rígido ou flexível (de concreto ou asfáltico respectivamente) deve atender as mesmas exigências de suporte, conforto e segurança para o usuário de veículos, caso não atenda a essas exigências o pavimento será considerado não apto e com sua vida útil esgotada. Assim, para atestar o cumprimento dessas exigências é necessário a existência de um parâmetro de condição do pavimento.

Nesse trabalho será estudado as condições de utilização de um pavimento de concreto juntamente com as patologias nessa estrutura. O aumento

de patologias em um pavimento traz reflexo no custo para a realização de manutenções e recuperações durante sua vida útil.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Qual o Índice de Condição do Pavimento (ICP) do pavimento rígido de concreto da Avenida Eusébio Matoso em São Paulo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Determinar o Índice de Condição do Pavimento (ICP), de acordo com a Norma DNIT 062/2004, do pavimento rígido de concreto da Avenida Eusébio Matoso, localizada em São Paulo - SP.

1.2.2. Objetivos Específicos

- I. Fazer um levantamento de todas as patologias do local estudado
- II. Analisar a quantidade de patologia por trecho e por placa e expor os dados de modo facilitar a visualização e interpretação dos dados

1.3. HIPÓTESE

Ao final desse trabalho, estima-se que serão obtidos bons resultados nas placas de concreto. Isso porque a finalização da construção do trecho (maio de 2012) ainda é recente, apenas cinco anos e apesar do tráfego de ônibus e táxis

intenso, o pavimento rígido de concreto é recomendado para altas cargas. Assim, podemos deduzir que iremos resultar em uma condição boa de pavimento.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Econômicas

O pavimento rígido de concreto se torna economicamente viável por conta de sua longa vida útil. Assim, a determinação das manutenções e verificação do estado do pavimento é de grande importância o custo final do empreendimento. Sitter (1984) já mostra que a interferência de recuperação deve ser feita ainda no estado inicial da patologia para minimizar os custos de recuperação (lei dos 5 ou regra de Sitter), ou seja, a determinação da condição do pavimento pelo ICP ajudará a escolha do momento de interferência no pavimento.

1.4.2. Sociais

Pelo fato de o concreto ter uma longa vida útil, os usuários diretos, e também os indiretos, não são constantemente afetados por obras de restauro do pavimento, melhorando o fluxo de veículos na cidade. Além disso, o concreto é um material com melhor visibilidade no trânsito e tem baixa absorção de calor melhorando a sensação térmica no seu entorno.

1.4.3. Ecológicas

De acordo com a Moschetti (2015), as vias do futuro serão necessariamente de concreto. As chamadas vias verdes.

Isso se deve destas vias de concreto serem empregadas em âmbito nacional, têm elevada durabilidade, têm baixa manutenção, minimizam a temperatura ambiente, contribuem para a economia de energia elétrica, reduzem o impacto ambiental, são recuperáveis, são recicláveis e são comprometidas com o meio ambiente, com a qualidade e preservação da vida e com o crescimento sustentável do país. Logo, quanto melhor a intervenção para manter a vida útil do pavimento, melhor será o aproveitamento dos benefícios ecológicos do pavimento.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

- I- Revisão bibliográfica sobre os procedimentos de execução de pavimento de concreto e patologias em pavimentos rígidos
- II- Revisão bibliográfica sobre o método para avaliação objetiva do pavimento de concreto.
- III- Levantamento das manifestações patológicas em campo, com todos os dados das placas afetadas, de acordo com o as normas do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte).
- IV- Análise de dados coletados em campo
- V- Montagem de uma tabela com as manifestações patológicas e cálculo do ICP do pavimento.
- VI- Discussão de resultados baseando-se nos critérios e parâmetros do DNIT

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O **Capítulo 1** introduz o tema que será tratado no trabalho e determina os objetivos a serem alcançados juntamente com os caminhos a para tal.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão na bibliografia sobre os conhecimentos necessários para elaborar esse trabalho científico.

No **Capítulo 3** é apresentado o estudo de caso desse trabalho e a situação encontrada em campo.

O **Capítulo 4** apresenta os dados coletados devidamente organizados e condicionados para guiar ao objetivo desse trabalho.

No **Capítulo 5** são feitas considerações finais e comentários sobre o trabalho executado com sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PAVIMENTOS

2.1.1. Definições e função

A norma da ABNT NBR 7207/1982 define pavimento como uma estrutura destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego; proporcionar melhores condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e resistir aos esforços horizontais que nela atuam, conservando assim a superfície de rolamento.

Segundo Bernucci et al. (2008), o pavimento é uma estrutura composta de múltiplas camadas construída sobre a superfície final de terraplenagem. Ainda Bernucci, comenta que, utilizando técnica e economicidade, o pavimento deve resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e das intemperes, sempre com condições de rolamento com conforto e segurança.

2.1.2. Classificação dos pavimentos

Comumente os pavimentos são classificados da seguinte forma:

a) Pavimentos flexíveis

Para Marques (2012), pavimentos flexíveis são constituídos de camadas que não trabalham à tração. Nesses pavimentos a capacidade de suporte é função das características de destruição de cargas por um sistema de camadas superpostas onde as camadas de melhor qualidade estão mais próximas da aplicação da carga (superfície).

Um pavimento flexível é aquele que possui um revestimento asfáltico e camada granular. As cargas que geram as distribuições de tensões e deformações, oriundas das rodas do tráfego, se dá ao modo que as camadas de revestimento e base aliviem as tensões de compressão que devem ser descarregadas no subleito por tensões de cisalhamento. (Gonçalves, 1999).

Já para a norma da ABNT NBR 7207/1982, o pavimento asfáltico tem a característica de que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado. Isso conduz a uma destruição de cargas em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.

b) Pavimentos Rígidos

De acordo com Balbo (2009), os pavimentos de concreto são caracterizados pela camada de rolamento constituída de concreto com agregados e ligantes hidráulicos, podem ser pré-moldados ou produção in-loco.

De acordo com Marques (2012), os pavimentos rígidos são constituídos por camadas que trabalham essencialmente à tração. O dimensionamento se baseia nas propriedades mecânicas das placas de concreto de cimento, as quais são apoiadas na sub-base. Possuem pouca deformação e uma vida útil maior. Os principais parâmetros para o dimensionamento do pavimento rígido é a resistência da placa.

A norma NBR 7207 diz que o pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

c) Pavimento Semi-Rígidos

Fortes (2017) diz que:

“Quando se tem uma base cimentada sob o revestimento betuminoso, o pavimento é dito semi-rígido. O pavimento reforçado de concreto asfáltico sobre placa de concreto é considerado como pavimento composto. Devido ao aumento de rigidez e conseqüentemente do módulo de elasticidade, ela absorve parte dos esforços de tração”.

A norma NBR 7207 comenta que um pavimento caracterizado como semi-rígido possui uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias.

d) Pavimentos Invertidos

Se diz que um pavimento é invertido quando a sub-base é executada com material cimentante, o que faz que a camada passe a absorver esforços de tração (Fortes, 2017)

2.1.3. Camadas de diferentes classes de pavimentos

A seguir é apresentado as camadas que compõe cada classe de pavimentos mostrados no item 2.1.2. Note que o pavimento rígido é o que possui a menor quantidade de camadas, e por conseqüência, menor espessura final.

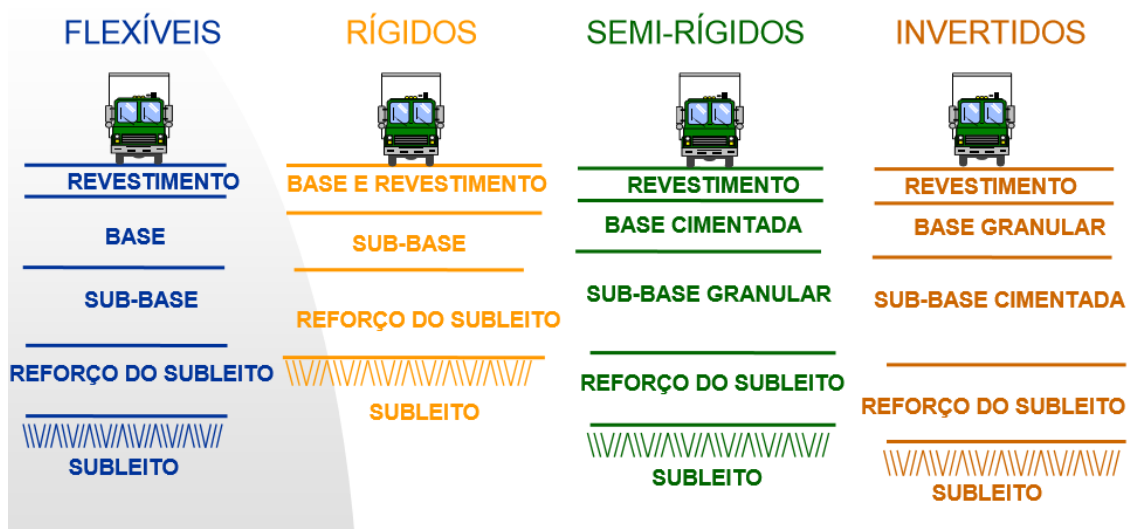


Figura 1 – Tipos de pavimentos e sua fundação – Fonte: http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/PavimentosFlexiveiseRigidos_LucasAdada.pdf, Acessado na data 09/11/2017

2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Os pavimentos rígidos de concreto podem ser executados de muitas maneiras, conforme necessidade, tráfego e cultura regional. A seguir são mostrados os tipos de pavimentos rígidos de concreto:

2.2.1. Tipos de Pavimentos Rígidos

a) Concreto Simples

Não possui nenhuma armadura na placa de concreto, tanto no interior das placas, como nas juntas.

b) Concreto Simples com Barras de Transferência

Possui armadura nas juntas transversais (barras de transferência) para transferência de esforços verticais para a placa.

c) Concreto com Armadura Distribuída Descontínua

Além das barras de transferências nas juntas, possui armadura no seu interior, afim de diminuir a distância entre as juntas transversais seja consideravelmente maior. Não aumenta a capacidade de suporte da placa.

d) Concreto com Armadura Contínua

Tolera a fissuração por retração, tanto transversalmente de modo aleatório. A armadura é disposta acima da linha neutra na seção transversa da placa a fim de manter as faces fissuradas fortemente unidas. Não é necessário a execução de juntas de contração, com exceção das construtivas. (Balbo, 2009).

e) Concreto Estruturalmente Armado

Com armadura no seu interior com objetivo de aumentar a capacidade de suporte da placa, e assim, diminuir espessura e aumentar cargas admissíveis.

f) Concreto Protendido

Placa de concreto que trabalha em regime elástico permitindo a utilização de placas planas de grandes dimensões e com menor espessura. Obtém um aumento da capacidade de carga e distância entre juntas de até 150 metros. (Balbo, 2009)

2.2.2. Etapas de Execução

As etapas de construção do pavimento rígido é de extrema importância para o estudo das patologias, já que boa parte das manifestações patológicas surgem de erros na execução. Portanto, entendendo bem a execução é

possível fazer um diagnóstico da origem da manifestação patológica. De acordo com anotações de aulas, livro de pavimento de concreto e norma do DNIT, foram definidas as etapas de execução.

A) Sub Leito

Deverá ser feito um estudo do subleito para um reconhecimento dos solos. Assim, deve ser feito a sondagem no eixo e nos bordos da plataforma da rodovia para identificação dos diversos horizontes de solos por intermédio de uma inspeção expedita do campo e coleta de amostras.

O Subleito deve ser estável, ou seja, não sujeito a recalque diferencial (Giublin, 2009). Com o preparo do subleito concluído, este será testado através de provas de cargas para determinação do coeficiente de recalque (k), feito aleatoriamente nas bordas e no eixo dos futuros pavimentos de concreto (DNIT, 049/2004).

B) Sub-Base

As funções principais das sub-bases são dar suporte uniforme e constante às placas, evitar bombeamento, controlar as variações volumétricas do subleito e aumentar o suporte da fundação (DNIT, 049/2004).

Deve-se tomar atenção na execução da sub-base pois erro de espessura nessa etapa implicará em aumento ou diminuição da espessura da placa de concreto, que se acomodará sobre a sub-base. O aumento da espessura da placa de concreto acarreta um aumento do custo da obra e a diminuição da espessura implica em deficiência na capacidade de suporte do pavimento.

Entre o subleito e a sub-base, se faz necessário a aplicação de uma pintura betuminosa com emulsão. Pode-se executar a sub-base com Concreto Compactado a Rolo (CCR), Brita Graduada Simples (BGS), Brita Graduada

Tratada com Cimento (BGTC), solo-cimento ou outra que foi estudada e comprovado a admissível aplicação (Giublin, 2009).

C) Serviços preliminares

Antes do lançamento do concreto, a verificação de todo o material de produção, transporte, substrato e níveis de referência estão prontos e ajustados, juntamente com todo os equipamentos necessários para tal (Giublin, 2009).

D) Armação

No caso de pavimentos de concreto armado ou protendido, a armação deverá ser executada com antecedência para verificação de espaçamento, bitola e dobras.

E) Produção e transporte do concreto

O concreto deverá ser produzido em centrais do tipo gravimétrica. As usinas dosadoras e misturados devem ser dimensionadas para atender a demanda da pavimentadora/régua treliçada em obra. Verificação constante do traço de concreto usado para comparar com o solicitado em projeto (DNIT, 049/2004).

F) Lançamento

Pode ser usado caminhão betoneira ou caminhão basculante juntamente com uma escavadeira, essa última opção sendo de maior produtividade. Somente poderá ser lançado concreto liberado pelo controle tecnologia, tendo sempre em vista o tempo para início de pega do concreto (Giublin, 2009).

No início e término da jornada, colocam-se formas metálicas ou de madeira com o posicionamento das barras de transferência. Cuidado para evitar

as interrupções na execução do pavimento, que causarão desconforto ao tráfego após endurecimento do concreto (DNIT, 049/2004).

G) Inserção das barras de transferência

As barras de transferência deverão ser dispostas em plano horizontal, paralelo à sub-base e alinhadas entre si, sempre nas juntas transversais. Deve ser fixa na sub-base para evitar movimentação durante o lançamento do concreto sobre elas. Parte das barras de transferência deverão ser pintadas ou engraxadas para que haja movimentação horizontal entre uma placa e outra.

As barras de ligação devem ser dispostas nas juntas longitudinais com intersecção em outras placas de concreto, sendo necessárias para a estabilidade lateral das placas.

H) Espalhamento e adensamento do concreto

Deverá ter o espalhamento do concreto em camada solta, contínua e homogênea com altura constante. O adensamento deverá ser o mais elevado e constante possível em toda a área de pavimentação. Os bordos longitudinais e cantos deverão receber cuidado especiais para evitar a ocorrência de vazios ou ocos (Giublin, 2009).

I) Nivelamento do concreto

O nivelamento topográfico será feito com o auxílio de linhas estendidas ou sensores de altura (DNIT, 049/2004).

J) Texturização

Após o nivelamento do concreto, deverão ser criadas ranhuras na superfície do concreto para melhorar aderência entre o pavimento e os veículos.

Também serve como uma microdrenagem, que evita a formação de lâminas d'água capazes de produzir a aguaplanagem (Giublin, 2009).

K) Cura

Por ser um pavimento de concreto se faz necessária a cura do concreto. Normalmente são aplicados a cura química, que consiste na aspersão de um produto capaz de formar uma película plástica na superfície do concreto, evitando assim a perda de água do concreto.

L) Serragem das juntas

O corte das juntas longitudinais e transversais devem ser executadas assim que o concreto suporte o peso do equipamento de corte e também que o corte executado seja justo, ou seja, sem rebarbas ou quebras. As juntas devem ter profundidades iguais a $1/3$ da espessura da placa. Primeiramente se executa um corte com 3mm de largura e depois o corte com 6mm (Giublin, 2009).

Juntas transversais deverão ser retilíneas em toda a sua extensão e perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento (DNIT, 049/2004).

M) Limpeza e selagem das juntas

Após o corte das juntas, procede-se a limpeza com ferramentas adequadas, que penetre as juntas e com ar comprimido. Na execução da selagem, a junta deverá estar seca e limpa, assim, deverá ser colocado o limitador de profundidade e produtos previstos em projeto.

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS DE CONCRETO

2.3.1. Patologia e definição

A análise de índice de condição operacional de pavimento rígido está relacionada com o conhecimento de patologia. Para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e outros textos relativos aos pavimentos rígidos, (DNIT 061/2004 - TER) o Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transporte (DNIT) classificou 20 termos técnicos para caracterização dos defeitos que ocorrem nos pavimentos rígido de concreto, como base de critério de avaliação de condição de pavimento: Pavimento Rígido – Defeitos – Terminologia, Norma DNIT 061/2004.

As patologias que ocorrem nos pavimentos de concreto armado podem ser de origem funcional ou estrutural, levando em consideração tanto a condição de segurança e conforto do usuário como a integridade estrutural do pavimento ao longo tempo. (Felix, 2008)

2.3.2. Tipo de defeito e grau de severidade

Estes defeitos listados para avaliação de pavimentos são de ocorrência comum na maioria dos casos de manifestações patológicas.

A seguir será apresentado as tipologias das patologias definidas pelo DNIT 061/2004, com discussão das possíveis causas e consequências, baseando nos materiais do Prof. Giublin (Giublin, 2009).

2.3.2.1. Alçamento de placas

De acordo com o DNIT, o alçamento de placas se define por “desnívelamento das placas nas juntas” ou nas fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem ou de intervenções

feitos no pavimento, também é conhecido como “blow up”. O desnivelamento geralmente ocorre na região onde apresenta uma falha continua.

Possíveis causas:

São vários fatos que podem resultar em alçamento de placas, o motivo varia entre a características própria da placa, como espessura insuficiente e resistência baixa do concreto, ao assentamento de placa não uniforme, como recalque e perda de suporte.

A falta de manutenção das juntas transversais pode ser um motivo. A perda de produto de selagem, nos vazios de juntas, juntamente com o acumulo de materiais resistentes e incompressível (pedrisco), no intervalo de variação térmica alta, isso impede a expansão da placa, contribuindo para essa ocorrência.

A combinação destes vários fatores desfavoráveis dão origem a este aspecto.



Figura 2 – Ilustração de Alçamento de placas – Fonte: Material de aula Profº:Giublin

2.3.2.2. Fissura de canto

As fissuras de canto são muito comuns nos pavimentos rígidos, apresenta um rompimento de canto da placa íntegra. O DNIT define que, uma fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual a metade do

comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal ou transversal), medindo-se a partir do seu canto.

Esta fissura geralmente atinge toda a espessura da placa, é classificado como patologia estrutural da placa. (Felix, 2008)

Possíveis causas:

As fissuras de canto podem ser resultados de propriedade da placa que não atende a solicitação de carga, ou também pode ser relacionada ao recalque diferencial do subleito. Erros de execução com as barras de transferências podem também gerar esta fissura, também a aplicação excessiva de graxa, deixando vazio entre o concreto e a barra. (Felix, 2008)

A falha de concretagem que causa o empenamento da placa, por tensão interna durante a cura do concreto, com a passagem de veículos, a resistência a tração é menor do que solicitado, resultando o rompimento de placa no local de fissura.

2.3.2.3. Placa dividida

O DNIT definiu que o aspecto de placa dividida é a apresentação de fissuras dividindo-a em quadro ou mais partes.

Como uma manifestação patologia estrutural (Felix 2008) a fissura atravessa toda a espessura de placa, e a divisão começa em placas grandes, e assim, com o tempo, resultam em número de placas menores.

2.3.2.4. Escalonamento ou degrau nas juntas

O Dnit define o efeito de escalonamento ou degrau de juntas como a ocorrência de “deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta. ” (DNIT 061/2004-TER).

O defeito de escalonamento tem a tendência de aumentar conforme a intensidade de fluxo de veículos de carga. A consequência varia de desconforto dos passageiros a danos ao veículo.

Possíveis causas

O desnivelamento entre as placas pode ser resultado de erros de execução com falta de controle de nivelamento.

A transferência ineficiente de carga pela barra de transferência também pode causar o defeito (Rodrigues, 2008). Uma das funções dos dispositivos de transferências é reduzir o deslocamento vertical relativo. A falha no posicionamento ou dimensionamento de dispositivo de transferência que não atendam a solicitação de carga, o erro de engraxamento, até a utilização de materiais inadequados no isolamento destes. Isso acaba gerando vazios entre o aço e o concreto, resultam em degrau nas juntas. (Felix, 2008, apud Gasparetto)

Além disso, tem também como o motivo a falha de assentamento da fundação por falha de compactação de subleito. Além de drenagem ineficiente ou bombeamento de finos que com o tempo resultam em erosão do subleito. A perda do suporte nesta região se agrava com o tempo de uso, gerando um desnível cada vez maior entre duas placas.



Figura 3 – Ilustração de degrau de junta – Fonte: Material de aula Profº Giublin

2.3.2.5. Falha na selagem das juntas

De acordo com o DNIT, ocorre a falha na selagem das juntas, qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de materiais incompressíveis nas juntas ou que permitam a infiltração de água.

As principais falhas observadas no material selante são:

- Rompimento, por tração ou compressão;
- Extrusão do material;
- Crescimento de vegetação;
- Endurecimento (oxidação) do material;
- Perda de aderência às placas de concreto;
- Quantidade deficiente de selante nas juntas.

A falha na selagem das juntas pode causar a sequência de outras manifestações patológicas, como bombeamento de finos, alçamento de placas e outros defeitos que estão relacionados com a perda de suporte por erosão da fundação.

Como a falha pode gerar várias consequências graves, a aplicação exige o controle de qualidade durante o período de execução e conforme a vida útil do produto, exige a manutenção periódica.

Possíveis causas

As falhas de selante podem ser resultado de falta de controle de qualidade durante a execução, tais como a limpeza ineficiente de juntas antes de aplicação, ou mão de obra não qualificado para a função, escolha de produtos inadequados para a ocasião, ocorrência de a espessura e profundidade final executada ser menor do que a especificada pelo fabricante e/ou a falta de aderência na parede de concreto na junta.

2.3.2.6. Desnível pavimento – acostamento

O DNIT define o defeito como “degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas”. Geralmente, se apresenta com o pavimento de tráfego em um nível mais alto do que o acostamento. Ainda por cima, no Brasil, se utilizava acostamento em materiais asfálticos juntamente com o pavimento.

Possíveis causas:

De acordo com Balbo (2009), o motivo pode ser construtivo, ou seja, por falha de nivelamento na execução. No entanto, a principal causa deste defeito oriunda de vazios na camada de subleito, que pode ser resultado de compactação das camadas do acostamento, que ao longo do tempo se acomodou e gera o desnível. Também a deficiência na selagem das juntas, possibilitando a infiltração, em conjunto com a passagem de veículos, ocorre o bombeamento de finos de fundação.

2.3.2.7. Fissuras lineares

São fissuras lineares as 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”. Tais fissuras tem como característica, serem transversais, que ocorrem na direção da largura da placa perpendicularmente ao eixo longitudinal dos pavimentos;

É de extrema importância conhecer as causas, consequência, tempo de formação e tamanho de abertura de uma fissura quando se avalia o estado operacional de um pavimento em serviço a partir das ocorrências de patologia (Felix, 2008).

Possíveis causas:

Espessura insuficiente da placa, abaixo da especificação do projeto, o concreto utilizado apresenta uma resistência inferior do projeto, erro de corte da junta induzida com profundidade menor ou atraso nos cortes.

2.3.2.7.1. Fissuras longitudinais: ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento

Possíveis causas:

Além da falha do próprio concreto e espessura insuficiente da placa, a execução errada do corte, tais como pouca profundidade e principalmente o atraso na programação da serragem.

A perda do suporte da fundação causada por erro do sistema de drenagem também pode ser motivo de patologia.

2.3.2.7.2. Fissuras diagonais: são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas

Possíveis causas

A espessura insuficiente das placas ou resistência a tração abaixo do especificado no projeto, recalques na fundação, barras de transferências tortas ou agressão por agente externos, tais como expansão de raiz de vegetais.

2.3.2.8. Grandes reparos

O DNIT definiu que “uma área do pavimento original maior que 0,45m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento” é definida como grandes reparos.

2.3.2.9. Pequenos reparos

Entende-se por pequenos reparos, 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.

2.3.2.10. Desgaste superficial

De acordo com o DNIT, desgaste superficial, “caracteriza-se pelo descolamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento, e com o tempo fiquem com a sua superfície polida”

Possíveis causas:

Nas placas de concreto com idade nova, a causa pode ser o concreto com resistência inferior da especificado em projeto. Além disso, pode ser um erro durante a execução, tais como o excesso de vibração durante o adensamento do concreto ou adição excessivo de água, causando a segregação do concreto e a decantação dos agregados graúdos, fazendo ocorrer a afluência da pasta de cimento para superfície (Balbo, 2005).

Como também pode ser motivo de deficiência de cura, ao usar o excesso de água antes da pega de concreto. Com a evaporação de água da pasta, forma-se grande quantidade de vazios, enfraquecendo a resistência do concreto à abrasão, e assim, com o tempo de tráfego, ocorre à perda de material, resultando no desgaste da placa.



Figura 4 – Ilustração de desgaste superficial –
Material de aula Profº Giublin

2.3.2.11. Bombeamento

De acordo com o DNIT, bombeamento consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo das fundações do pavimento, através de juntas, bordas ou trincas, quando há passagem de cargas solicitantes. Os finos bombeados têm a forma de uma lama fluida, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas.

Possíveis causas:

Esse fenômeno de expulsão de água carregada de fino do fundo de placa para cima, se deve à perda de suporte da fundação, que ao longo de tempo causa fissuras e trincas na placa. A infiltração de água torna a solo do subleito saturado. Com a passagem de veículos, a água do vazio localizada no inferior começar a ser expulsada carregando os finos (Balbo, 2009)

A deficiência de construção localizada, gerando vazios ou ninhos, a não utilização de sub-base cimentada, a selagem deficiente das juntas.

2.3.2.12. Quebras localizadas

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

Possíveis causas:

As quebras localizadas podem ser explicadas pela resistência local à tração do concreto inferior do que solicitado, as placas têm espessuras insuficientes ou a perda de suporte da fundação que não fornece base para o assentamento de placa. No entanto, também pode ser motivo de deficiência local de execução ou resistência do concreto a tração abaixo da especificação.

2.3.2.13. Passagem de nível

Passagem de nível são defeitos que ocorrem em passagem de nível, resultando em depressões ou elevações próximas aos trilhos.

2.3.2.14. Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação

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

A escamação caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo ser proveniente de outros defeitos, tal como o desgaste superficial.

Possíveis causas:

As fissuras superficiais podem ser resultadas de deficiência de cura durante a fase de construção com a retração do concreto ocasionado pela saída de água. Além disso, tanto o excesso de água na camada superficial da placa ou a

aplicação de água pulverizada sobre o concreto fresco podem resultar no surgimento da patologia.

A resistência do concreto abaixo da especificação também pode explicar a patologia.

2.3.2.15. Fissuras de retração plástica

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

Possíveis causas:

Concreto com dosagem ineficientes, variação do tempo anormal no dia da concretagem, excesso de vento, baixa umidade do ar, falha de aplicação de produto de cura química, produtos com taxa menor do que a especificada pelo projeto de execução, má distribuição do produto de cura, falha de equipamento ou mão de obra.

2.3.2.16. Esborcinamento ou quebra de canto

São quebra que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60cm da borda.

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

Possíveis causas:

O surgimento pode ser por conta da própria característica da placa com o concreto apresentando baixa resistência ou espessura insuficiente.

Além disso, pode ter surgimento pela perda de suporte causada pelo bombeamento de finos ou ocorrência de recalques diferenciais - como afundamento ou acomodação não regular do canto de placa.

Outra causa para a patologia pode ser pelo deslocamento ou a inexistência das barras de transferências, devido a falha de execução, contribuindo para o surgimento de fissuras de canto ou pelo empenamento da placa causado pela variação térmica do ambiente.

2.3.2.17. Esborcinamento de juntas

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

Possíveis causas:

Concreto com resistência inferior do projeto, enfraquecimento do concreto na região, falha de execução das barras de transferências, desalinhamento excessivo ou corte da junta antes da hora correta.

Tem pode ser motivado pelo inexistência ou inadequação do material selante.

2.3.2.18. Placa “bailarina”

Placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

Possíveis causas:

Problemas de fundação tais como recalques diferenciais ou vazios na base causada pela erosão dos finos, bombeamento e/ou falha de drenagem, podem introduzir uma perda de suporte.

2.3.2.19. Assentamento

Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão.

Possíveis causas:

O assentamento motivado pela perda de suporte, em que ocorreu uma deficiência da fundação ou recalque diferencial.

2.3.2.20. Buracos

São reentrâncias côncavas observadas na superfície das placas, providos pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definidas.

Possíveis causas:

Concreto com resistência inferior do solicitado do projeto, falta de controle da qualidade de concreto, erosão na base do local, gerando uma perda de suporte ou agressão por agentes externos.

2.4. ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

Para a determinação do índice de condição do pavimento (ICP), primeiramente é necessário a realização de uma visita no pavimento para uma inspeção visual. Essa inspeção visual, no DNIT, é regulamentada pela Norma DNIT 060/2004 – PRO.

Após a inspeção visual, os dados coletados devem ser condicionados a diversos fatores para se chegar ao índice de condição do pavimento. Esse

procedimento é regulado pela Norma DNIT 062/2004 -PRO. Com esse valor é possível atribuir um conceito (avaliação) ao pavimento de concreto.

2.4.1. Inspeção visual DNIT 060/2004 –PRO

A norma estabelece procedimento e critérios para a inspeção visual em pavimentos rígidos de concreto. O trecho escolhido deve ser dividido em partes denominadas amostras (nesse trabalho chamado de subtrechos). Os subtrechos serão compostos de 20 placas de concreto com no máximo 9 (nove) metros de comprimento.

A inspeção poderá ser feita em dois tipos: inspeção em todo o trecho ou inspeção por amostragem. Nesse trabalho se optou pela realização da inspeção em todo o trecho por se tratar de uma extensão pequena de pavimento.

As informações a serem levantadas serão:

- a) Tipos de defeitos (conforme a norma DNIT 061/2004 –TER).
- b) Graus de severidade de cada defeito (detalhes dos graus de severidade no anexo 7.1).
- c) Número de placas afetadas por um determinado tipo de defeito.

Os defeitos considerados atípicos, ou seja, quando forem pouco comuns no trecho, deverão ser contabilizados como “adicional”. Os dados coletados deverão ser lançados pelo responsável na “Ficha de Inspeção” (anexo G da norma DNIT 060/2004 – PRO).

2.4.2. Avaliação objetiva DNIT 062/2004 - PRO

A norma estabelece procedimentos e critérios para a avaliação objetiva de pavimentos rígido de concreto. Com o uso dos dados da inspeção, coletados como detalhado no item anterior, devem ser condicionados de acordo com algumas fases:

- a) Análise dos dados obtidos em inspeção
- b) Cálculo dos Índice de Condição do Pavimento (ICP)
- c) Atribuição de conceitos

O cálculo de índices de condição do pavimento será feito em duas fases, a primeira calculando de cada subtrecho e a segunda calculando para todo o trecho. A seguir é mostrado as fórmulas para o cálculo de cada fase e o parâmetro para definir o conceito de cada trecho.

- Cálculo do ICP para cada subtrecho:

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

Em que:

ICP = Índice de condição do Pavimento;

A = Valor deduzível (função do tipo do defeito (T_i), do grau de severidade (S_j) e da densidade de defeitos (D_{ij});

i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número total de placas defeituosas;

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

F = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor deduzível somado (t) e o número de deduções (q) incluso no anexo 7.2

- Cálculo do ICP para todo o trecho:

$$ICP_{trecho} = \frac{\sum ICP_{subtrecho}}{Quantidade\ de\ subtrechos}$$

- Conceito em função do ICP

O anexo B da norma nos informa o conceito do subtrecho ou trecho de acordo com o ICP. É apresentado a seguir a escala de avaliação do ICP:

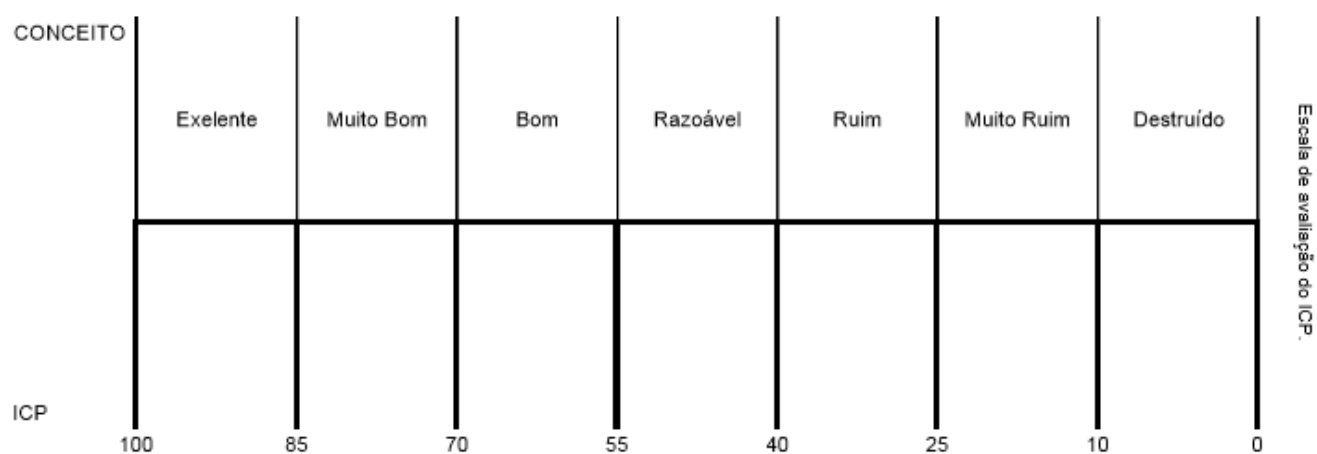


Figura 5 – Conceito do pavimento em função do ICP

3. ESTUDO DE CASO

3.1. LOCALIZAÇÃO DO TRECHO A SER ESTUDADO

Foi realizado a vistoria na cidade de São Paulo – SP, no trecho da avenida Eusébio Matoso, altura nº 191 (início – subtrecho 1-10) até início da ponte Eusébio matoso nº 891 (fim – subtrecho 131-140), totalizando, aproximadamente, 730 metros distância com 280 placas de concreto analisados. O sentido de crescimento dos subtrecho é da avenida Faria Lima (início) em direção a marginal Tietê (fim).

O estudo se deve à via de pavimento rígido de concreto, destinada a passagens de ônibus e taxis, denominados corredores de ônibus. Com a execução da inspeção visual realizada no dia oito de novembro de dois mil e dezoito (08/11/2018).



Figura 6: imagem do trecho onde foi realizado a vistoria – Fonte: Google Maps



Figura 7: imagem da via de pavimento rígido onde foi realizado a vistoria – Fonte: <http://mapio.net/s/29923585/> - acesso na data: 10/11/2017

O obra em que o trecho de concreto da avenida Eusébio Matoso foi construída, foi realizada pela Soemeg, com início de obras em maio de 2011, com conclusão em maio de 2012. Foi executado um total de 10,1 quilômetros de pavimento com um investimento total de R\$ 22,9 milhões de reais. (<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/sao-paulo-adota-corredores-de-concreto-235518-1.aspx>)

“De acordo com profissionais da Soemeg, os pavimentos de corredores de ônibus são expostos ao tráfego canalizado de um grande volume de veículos pesados e a baixas velocidades. Na região das paradas, a situação é agravada pelo acréscimo de tensões causadas por frenagem e partidas dos veículos e pela frequente exposição a derramamentos de derivados de petróleo, o que deteriora o ligante asfáltico” (Corsini, 2011).

Foi adotado para o dimensionamento do pavimento, concreto com resistência de ruptura à tração na flexão de 4,5 MPa; resistência média à tração na flexão de 5,0 MPa, referente à idade de 28 dias, e módulo de elasticidade de 30.000 MPa e tipos de cimento: CP-II E 40 para pavimento com liberação em 72 horas e CP-V E 40 para pavimentos com liberação em 24 horas (cruzamentos), ambos com aditivo Grace 585 N (Corsini, 2011).

Para a execução do pavimento, foi utilizado escavadeiras hidráulicas de giro zero e régua vibratórias treliçadas. Isto deve ser uma área urbana movimentada, onde não há possibilidade do fechamento de toda a pista. E pela largura imposta para a execução do pavimento ser restrita há no máximo 3,45 m, chegando a 2,85 m em alguns trechos da via. (Corsini, 2011)



Figura 8: imagem do pavimento rígido sendo construído – Fonte: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/sao-paulo-adota-corredores-de-concreto-235518-1.aspx> - data de acesso: 10/11/2017

3.2. MATERIAIS PARA INSPEÇÃO VISUAL

Para a inspeção visual foi necessário uma trena e a ficha de inspeção da NORMA DNIT 060/2004 – PRO, com alteração conforme figura abaixo.

NORMA DNIT 060/2004 – PRO 18

Anexo G (normativo)

Ficha de inspeção

BR: _____ TRECHO: _____ DATA _____ Folha _____ / _____

AMOSTRA ADICIONAL? (SIM) (NÃO) AMOSTRA Nº _____ MEDIDA / PLACA (m) _____

Nº PÁGINAS : _____ Nº DE ANEXOS : _____ CHEFE DA EQUIPE : _____

ASSINATURA DO ENGº RESPONSÁVEL : _____

TIPOS DE DEFEITOS	
1 . Alçamento de placas 2 . Fissura de canto 3 . Placa dividida 4 . Degrau de junta 5 . Defeito na selagem das juntas 6 . Desnível pavimento acostamento 7 . Fissuras lineares 8 . Grandes reparos 9 . Pequenos reparos	10 . Desgaste superficial 11 . Bombeamento 12 . Quebras localizadas 13 . Passagem de nível 14 . Rendilhado e escamação 15 . Fissuras de retração plástica 16 . Quebra de canto 17 . Esborcinamento de juntas 18 . Placa bailarina

	TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N ° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL					
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)					
IPC = 100 - VDC = _____ CONCEITO _____					

_____ /Anexo H

Figura 9 – Ficha de inspeção (anexo G Norma DNIT 060/2004 – PRO)

3.3. INSPEÇÃO VISUAL NO TRECHO

A inspeção visual no trecho foi realizada utilizando a ficha de inspeção do DNIT 060/2004 – PRO. Ao todo foram inspecionadas 280 placas de pavimento rígido, sendo o pavimento composto por duas placas paralelas. O comprimento das placas foram, em média, 5 metros com exceção do “subtrecho 11-20” em que a média do comprimento das placas foi 8 metros.

A seguir são apresentadas as principais patologias encontradas na inspeção, separadas por tipo de patologia seguido por comentário sobre a ocorrência na pesquisa.

a) DEGRAU NA JUNTA

Foi encontrado apenas uma ocorrência dessa manifestação patológica durante o estudo de caso. A ocorrência estava localizada na entrada do ponto de ônibus (subtrecho “1-10”).



Figura 10 – Degrau na junta – Grau de severidade moderado – Placa 1B

b) Fissuras Lineares

Foi identificado fissuras lineares em todos os subtrechos estudados, com exceção dos subtrechos “91-100” e “131-140”. Em sua maioria com grau de severidade baixos e médios.



Figura 11 – Fissura transversal – Grau de severidade baixo – Placa 2A

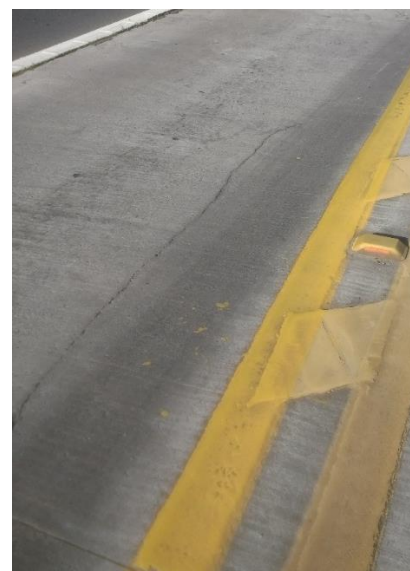


Figura 13 – Fissura longitudinal – Grau de severidade baixo – Placa 37A



Figura 12 – Fissura transversal – Grau de severidade moderado – Placa 34B



Figura 14 – Fissuras transversais paralelas – Grau de severidade moderado – Placa 12B

c) QUEBRA DE CANTO

Ocorreu com frequência elevada no estudo de caso, sendo em sua grande parte de grau baixo e moderado. Foi considerado quebra de canto as manifestações patológicas com divisões e descolamento da placa até 60cm das juntas.

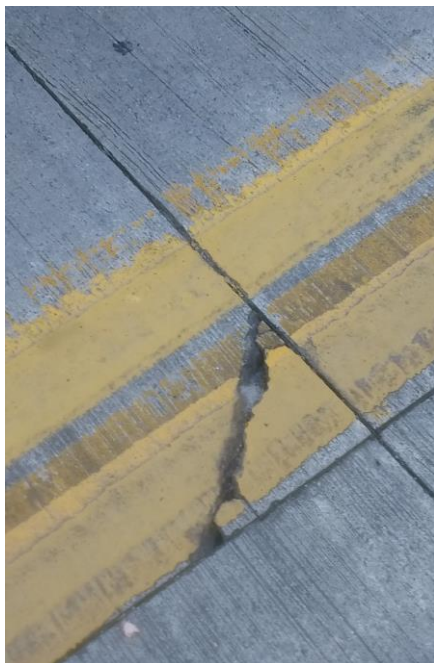


Figura 15 – Quebra de canto – Grau de severidade moderado - Placa 6A

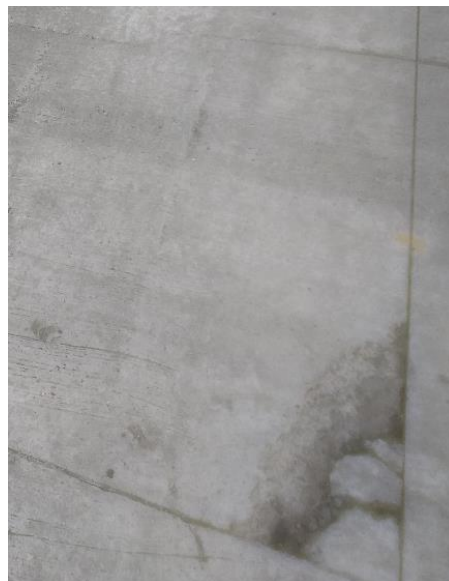


Figura 17 – Quebra de canto – Grau de severidade moderada - Placa 3A



Figura 16 – Quebra de canto – Grau de severidade baixo – placa 12A



Figura 18 – Quebra de canto – Grau de severidade baixo – Placa 30B

d) Fissura de Canto

Ocorrência apenas nos subtrechos 1-10, 11-20, 21-30, de todos os graus de severidade.



Figura 19 – Fissura de canto – Grau de severidade baixo – Placa 2A



Figura 20 - -Fissura de canto – Grau de severidade moderado – Placa 10^a

e) Desgaste Superficial

Como indica a norma do DNIT, foi considerado desgaste superficial quando há o descolamento da argamassa do pavimento fazendo com que os agregados aflorem na superfície. A ocorrência foi no início do trecho, apenas nos subtrechos 1-10 e 11-20.



Figura 21 – Desgaste superficial – Grau de severidade único – Placa 9B

f) Grandes Reparos

Teve uma frequência moderada no estudo, principalmente nos subtrechos iniciais, possuindo graus de severidade baixo ou alto.



Figura 22 – Grandes reparos – Grau de severidade alto – Placa 13A



Figura 23 – Grande reparo – Grau de severidade baixo – 14A

g) Pequenos Reparos

Teve uma frequência moderada no estudo, principalmente nos subtrechos intermediarios, com grau de severidade baixo.



Figura 24 – Pequenos reparos – Grau de severidade baixo – Placa 18A

h) Quebra localizada

As patologias de quebras localizadas são encontradas mais acentuadas nos poços de visita. A falta de previsão de reforço durante a etapa de projeto poderia evitar o surgimento dessa patologia, desde que corretamente executado. Encontrou-se uma frequência elevada dessa patologia nos subtrechos.



Figura 25 – Quebra localizada – Grau de severidade moderada – Placa 13A



Figura 27 – Quebra localizada – Grau de severidade alto – Placa 83B



Figura 26- -Quebra localizada – Grau de severidade moderado – Placa 79A



Figura 28 – Quebra localizada – Grau de severidade alto – Placa 69A

i) Placa Dividida

Baixa ocorrência no estudo, apenas no subtrechos 21-30, 31-40 e 61-70. Como as fissuras apresentam grau de severidade baixo e as placas estão divididas em até 5 pedaços, o grau de severidade é considerado baixo.



Figura 29 – Placa dividida – Grau de severidade baixo – Placa 35A

j) Retração plástica

Baixa ocorrência no estudo, apenas nos subtrechos 21-30, 31-40, 41-50 e 101-110, sempre em grau de severidade baixo.



Figura 30 – Retração plástica – Grau de severidade baixo – Placa 29A



Figura 31 – Retração plástica – Grau de severidade baixo – Placa 45A

k) Esborcinamento das juntas

Elevada frequência de ocorrência, sendo que a manifestação patológica foi encontrada em todos os subtrechos. O grau de severidade, em sua maioria, foram baixo mas houveram casos onde foram de alta severidade.



Figura 32 – Esborcinamento das juntas – Grau de severidade alto – Placa 39B

l) Falha na Selagem

Elevada ocorrência em todo o estudo. Teve manifestação em todos os subtrechos com alto grau de severidade em que muitos casos não se tinha a presença do selante na junta ou estava descolado da parede da junta.



Figura 33 – Falha na selagem das juntas – Grau de severidade alto – Ruptura do selante



Figura 34 – Falha na selagem das juntas – Grau de severidade alto – Ausência de selante

m) Defeitos incomuns

Defeitos que não se caracterizou por nenhum item da norma do DNIT 061/2004 –TER.



Figura 35 – Pinos sobressalentes – Placa 55A



Figura 36 – Marcas sobre a superfície do pavimento – Placa 7B

Os dados sobre todas as patologias registradas estão no anexo 7.2 desse trabalho.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. EXEMPLO DE CÁLCULO DO ICP

Para melhor entendimento dos dados obtidos em campo, será feito um exemplo de preenchimento e cálculo de uma tabela de ICP. Como exemplo será usado o subtrecho 1-10. A seguir é apresentado o resultado de uma inspeção visual no pavimento de concreto.

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
2	B	4			
2	M	1			
4	M	1			
5	A	XXXXXXXX			
7	B	8			
7	M	4			
8	B	1			
10	Único	6			
16	M	2			
17	B	1			
TOTAL		28			
<u>SUBTRECHO 1-10</u>				CVD	
				ICP	

A coluna “% de Placas Afetadas” será preenchida dividindo o valor da coluna “N de Placas Afetadas” por 20, isso porque cada subtrecho é composto por 20 placas. Então a primeira linha ficaria sendo 4 dividido por 20 obtendo 20%.

A coluna “Valor deduzível” é preenchida utilizando os gráficos específicos para cada tipo de defeito e grau de severidade (anexo, item 7.1) da NORMA 062/2004 –PRO, o valor da “% de Placas Afetadas” é utilizado e se obtêm o valor deduzível do tipo de defeito e grau de severidade analisado. Para a

primeira linha, consultando a tabela do capítulo 7.1 item “c”, obtemos o valor próximo de 16.

A coluna “q” deve ser preenchida com o valor de “1” quando na coluna “Valor Deduzível” estiver um número igual ou superior a “5”. Isso será utilizado na Correção do Valor Deduzível (CVD).

Com a somatória dos valores da coluna “Valor Deduzível”, devemos consultar a novamente a NORMA 062/2004 –PRO e utilizar a tabela da correção do valor deduzível (anexo, item 7.1). Assim, com o valor da somatória do valor deduzível e o valor da somatória de “q”, conseguimos obter o valor da correção do valor deduzível (CVD).

Finalizando a tabela, o valor do ICP é 100 menos o CVC, em que 100 é o subtrecho sem defeitos e o CVC o impacto dos defeitos no subtrecho.

4.2. APRESENTAÇÃO DAS FICHAS PREENCHIDAS

Os dados coletados na inspeção visual (anexo 7.2) foram adaptados em tabelas para melhor compreensão das informações. A seguir é apresentado as tabelas por subtrecho preenchida com os valores da soma do Valor Deduzível (VD), Correção do Valor Deduzível (CVD) e Índice de Condição do Pavimento (ICP).

a) Subtrecho 1-10

Tabela 1 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 1-10

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
2	B	4	20	15,9	1
2	M	1	5	8,7	
4	M	1	5	5,3	1
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	8	40	15,3	1
7	M	4	20	13,7	0
8	B	1	5	2,0	0
10	Único	6	30	5,4	1
16	M	2	10	4,6	0
17	B	1	5	0,8	0
TOTAL		28		79,67	5
<u>SUBTRECHO 1-10</u>				CVD	40,32
				ICP	59,68

b) Subtrecho 11-20

Tabela 2 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 11-20

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
2	B	1	5	4,2	1
2	M	1	5	8,7	
2	A	1	5	11,8	
3	B	1	5	5,0	0
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	9	45	16,6	1
7	M	1	5	5,2	
7	A	1	5	13,5	
8	M	3	15	10,5	
9	B	4	20	0,9	0
10		8	40	6,8	1
12	B	1	5	9,0	1
16	B	4	20	3,7	0
17	B	4	20	4,3	0
TOTAL		40		134,10	6
<u>SUBTRECHO 11-20</u>				CVD	58,71
				ICP	41,29

c) Subtrecho 21-30

Tabela 3 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 21-30

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
2	B	3	15	12,2	1
3	B	4	20	19,1	1
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	5	25	11,0	1
7	M	2	10	8,2	
8	B	1	5	0,6	0
10		1	5	1,1	
12	B	2	10	13,3	
12	M	1	5	18,0	1
12	A	1	5	24,0	
15	B	4	20	0,9	0
16	B	2	10	2,2	0
17	B	5	25	5,4	1
17	A	2	10	8,2	
TOTAL		33		132,24	6
<u>SUBTRECHO 21-30</u>				CVD	57,92
				ICP	42,08

d) Subtrecho 31-40

Tabela 4 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 31-40

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
3	B	1	5	7,1	1
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	4	20	9,3	1
7	M	5	25	16,3	
8	M	1	5	3,2	0
9	B	2	10	0,3	1
9	M	1	5	8,4	
12	M	1	5	18,0	1
15	B	2	10	0,4	0
16	M	1	5	2,4	0
17	B	4	20	4,3	0
17	M	2	10	3,5	
17	A	1	5	4,6	
TOTAL		25		85,91	5
<u>SUBTRECHO 31-40</u>				CVD	43,18
				ICP	56,82

e) Subtrecho 41-50

Tabela 5 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 41-50

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	5	25	11,0	1
7	M	2	10	8,2	
15	B	9	45	2,2	0
16	M	1	5	2,4	0
17	B	7	35	7,4	1
TOTAL		24		39,22	3
<u>SUBTRECHO 41-50</u>				CVD	24,56
				ICP	75,44

f) Subtrecho 51-60

Tabela 6 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 51-60

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	XXXXXXX	XXXXXXX	8,0	1
7	B	7	35	14,0	1
7	M	4	20	13,7	
8	B	3	15	5,1	1
12	B	1	5	9,0	1
12	A	1	5	24,0	
16	M	1	5	2,4	0
17	B	8	40	8,4	1
TOTAL		26		84,64	5
<u>SUBTRECHO 51-60</u>				CVD	42,60
				ICP	57,40

g) Subtrecho 61-70

Tabela 7 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 61-70

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
3	B	1	5	7,1	1
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	2	10	5,7	1
7	M	5	25	16,3	
10		1	5	1,1	0
12	B	1	5	9,0	1
12	A	1	5	24,0	
13	B	1	5	7,7	1
15	B	1	5	0,2	0
17	B	2	10	2,0	0
17	M	2	10	3,5	
TOTAL		17		84,54	5
<u>SUBTRECHO 61-70</u>				CVD	42,55
				ICP	57,45

h) Subtrecho 71-80

Tabela 8 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 71-80

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	0	0	8,0	1
7	M	1	5	5,2	1
12	M	2	10	24,0	1
17	B	2	10	2,0	0
17	M	1	5	1,8	
TOTAL		7		40,88	3
<u>SUBTRECHO 71-80</u>				CVD	25,52
				ICP	74,48

i) Subtrecho 81-90

Tabela 9 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 81-90

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
4	M	1	5	5,3	1
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	3	15	7,5	1
8	B	1	5	0,6	
12	B	1	5	9,0	1
12	A	1	5	24,0	
16	B	1	5	1,4	0
17	B	8	40	8,4	1
17	M	5	25	8,6	
TOTAL		22		72,72	5
<u>SUBTRECHO 81-90</u>				CVD	37,13
				ICP	62,87

j) Subtrecho 91-100

Tabela 10 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 91-100

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
2	B	1	5	4,2	0
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	1	5	3,7	0
17	B	9	45	9,2	1
17	M	1	5	1,8	
TOTAL		12		26,88	2
<u>SUBTRECHO 91-100</u>				CVD	23,52
				ICP	76,48

k) Subtrecho 101-110

Tabela 11 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 101-110

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	Q
4	B	1	5	1,0	0
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
6	B	1	5	0,8	0
7	B	2	10	5,7	1
7	M	2	10	8,2	
8	B	1	5	0,6	
9	B	3	15	0,6	0
12	M	1	5	18,0	1
12	A	1	5	24,0	
15	B	2	10	0,4	0
16	B	1	5	1,4	0
17	B	9	45	9,2	1
TOTAL		24		77,94	4
<u>SUBTRECHO 101-110</u>				CVD	42,33
				ICP	57,67

l) Subtrecho 111-120

Tabela 12 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 111-120

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	XXXXXXXX	XXXXXXXX	8,0	1
7	B	2	10	5,7	1
7	M	3	15	11,0	
12	B	1	5	9,0	1
12	A	1	5	24,0	
15	B	1	5	0,2	0
16	B	1	5	1,4	0
17	B	5	25	5,4	1
TOTAL		14		64,683	4
<u>SUBTRECHO 111-120</u>				CVD	35,48
				ICP	64,52

m) Subtrecho 121-130

Tabela 13 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 121-130

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	XXXXXXXXX	XXXXXXXXX	8,0	1
7	B	2	10	5,7	1
7	M	2	10	8,2	
16	B	4	20	3,7	0
17	B	4	20	4,3	0
TOTAL		12		29,87	2
<u>SUBTRECHO 121-130</u>				CVD	25,90
				ICP	74,10

n) Subtrecho 131-140

Tabela 14 – Ficha de inspeção com cálculo do ICP – Subtrecho 131-140

Tipos de Defeitos	Grau de Severidade	N de Placas Afetadas	% de Placas Afetadas	Valor Deduzível	q
5	A	XXXXXXXXX	XXXXXXXXX	8,0	1
16	B	8	40	6,8	1
17	B	2	10	2,0	0
17	M	2	10	3,5	
TOTAL		12		20,272	2
<u>SUBTRECHO 131-140</u>				CVD	18,19
				ICP	81,81

4.2.1. Resumo dos índices de condição do pavimento (ICP)

Conforme o procedimento definido pelo DNIT, foi calculado o ICP da avenida Eusébio Matoso, São Paulo – SP, e também baseando pelo ICP, obtém-se

Tabela 15 – ICP de Subtrechos e ICP do total do trecho

Subtrecho	Índice de Condição do Pavimento	Conceito (anexo B da Norma DNIT 062/2004 – PRO)
1-10	59,68	Bom
11-20	41,29	Razoável
21-30	42,08	Razoável
31-40	56,82	Bom
41-50	75,44	Muito Bom
51-60	57,40	Bom
61-70	57,45	Bom
71-80	74,48	Muito Bom
81-90	62,87	Bom
91-100	76,48	Muito Bom
101-110	57,67	Bom
111-120	64,52	Bom
121-130	74,10	Muito Bom
131-140	81,81	Muito Bom
ICP DO TRECHO	63,18	Bom

Os subtrechos “11-20” e “21-30” foram os que receberam o menor ICP do trecho. Apesar de ainda estarem com conceito de “Razoável”, estão muito próximo do limite do conceito “Ruim”, portanto devem ser monitorados com maior frequência. Os ICPs desses subtrechos foram fortemente influenciados pelas patologias de fissuras lineares e fissuras de canto. É recomendável a análise de uma possível intervenção para a recuperação das placas que possuem essas patologias, e assim, conseguir melhor o ICP.

Os subtrechos “1-10”, “31-40”, “51-60”, “61-70”, “81-90”, “101-110” e “111-120” obtiveram o conceito “Bom”. Devem ser mantidos os cuidados de manutenção e inspeção. No entanto, como todo o trecho está com falhas na selagem, é recomendável a análise de uma possível intervenção para a recuperação das juntas.

Os subtrechos “41-50”, “71-80”, “91-100”, “121-130” e “131-140” obtiveram o conceito “Muito bom”. Esses subtrechos possuem poucas ou

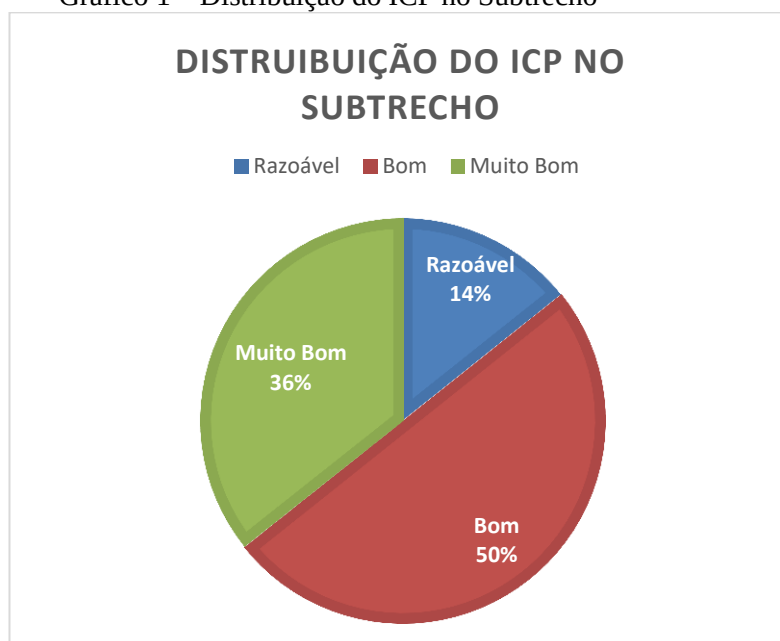
nenhuma patologia, com exceção da falha na selagem. Essa diferença de conceito pode ser provocada por um maior controle de qualidade na execução dessas placas durante as obras. Podem ter intervalos maiores de inspeções nesses subtrecho.

Pelos resultados obtidos no levantamento do campo, o ICP do Trecho da avenida Eusébio Matoso, São Paulo – SP, apresenta um conceito “Bom”, após cinco anos de uso do corredor de ônibus. Apresenta requisitos necessários para o conforto e segurança de rolamento dos veículos, principalmente os ônibus. Pode-se acompanhar o desenvolvimento de futuras patologias e controlar os subtrechos para que o trecho mantenha o conceito igual ou superior a “Razoável”, que é o mínimo exigido.

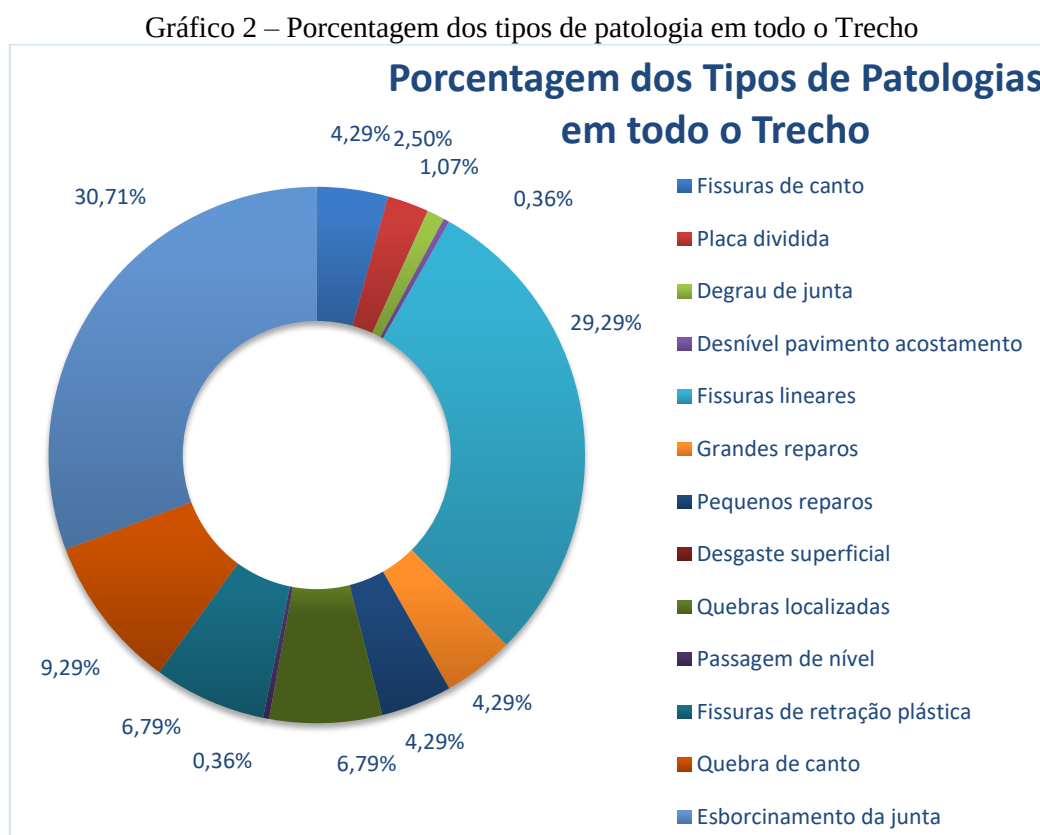
4.3. GRÁFICOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Pelo gráfico 1, abaixo, é possível observar que 36% dos subtrechos apresentam conceito “Muito Bom” de acordo com o critério do DNIT, 50% com conceito “Bom” e 14% em situação “Razoável”.

Gráfico 1 – Distribuição do ICP no Subtrecho

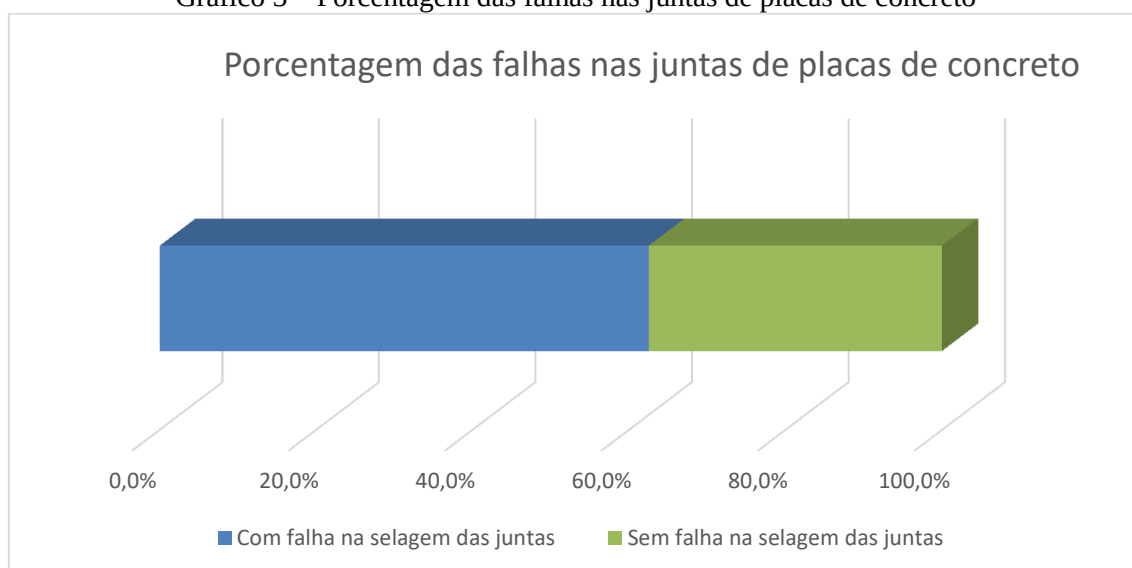


Através do gráfico 2 abaixo, fica evidente que a patologia mais recorrente é o Esborcinamento da Junta, com 30,71% de patologias do total. Também com alto número de patologias se encontra as Fissuras Lineares com 29,29% de patologias. Essa última é de grande importância já que, no cálculo do ICP, se tem grande peso em patologias desse tipo.



Como a norma não exige que se faça uma contagem da quantidade de placas com falha na selagem das juntas, exigindo apenas analisar se existe ou não falha de selagem no subtrecho, assim, não foi apresentado essa manifestação patológica no gráfico 2. No entanto, nessa pesquisa foi feita a contagem das placas que apresentam essa manifestação. Assim, o gráfico 3 apresentado abaixo mostra a quantidade de placas afetadas por esse defeito comparada com o total de placas.

Gráfico 3 – Porcentagem das falhas nas juntas de placas de concreto



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. COMENTÁRIOS DOS RESULTADOS OBTIDOS

Avenida Eusébio Matoso está com 5 anos de operação, como corredor de ônibus, ou seja, com intenso movimento de veículos pesados. A pontuação obtida pelo ICP é de 63, dentro do intervalo de conceito considerado “Bom”. Foi feito o levantamento de todas as manifestações patológicas das placas que a compõe, sendo 50% dos subtrechos em estado “Bom”, 36% em estado “Muito Bom” e 14% em estado “Razoável”.

Com isso, em vista da pontuação obtida no trecho, pode-se classificar que a Avenida Eusébio Matoso está em condição de proporcionar segurança e conforto aos usuários de veículos.

Durante a inspeção de campo, foi observado grande parte dos tipos de patologia classificados pelo DNIT, faltando apenas a “Placa Bailarina”, “Bombeamento” e “Rendilhado e escamação”. A maior frequência foi de “Esborcimento das Juntas” e “Defeitos na selagem das juntas” (esse último a quantidade de placas afetadas não é contado, de acordo com a norma DNIT 060/2004 – PRO, sendo a quantidade de defeitos baseada na relação entre as condições gerais do selante e a área global considerada). Essas patologias podem indicar que a vida útil do sistema que inclui a selagem chegou ao fim, portanto, a necessidade de uma recuperação do sistema. As falhas na selagem das juntas podem gerar um caminho para o surgimento de outros problemas mais sérios, que pode resultar em patologia funcional como desconforto no rolamento (esborcimento de juntas) ou estrutural, como infiltração pela junta causando erosão no subleito, perda de suporte, divisão de placa e quebra de canto.

Com a inspeção constante e acompanhamento do ICP é possível programar manutenções nos tempos adequados para o melhor rendimento do pavimento rígido, seja funcional ou estrutura.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Reproduzir esse estudo em trechos e novos locais para aumentar a bibliografia e caracterizar os pavimentos de concreto em São Paulo
- Reproduzir esse estudo no mesmo trecho para comparar a velocidade de degradação do pavimento e necessidade de manutenção

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207 – Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T., **Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

BERNUCCI, L. B., **Pavimentação asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro –RJ, 2010, 3ª Reimpressão.

CORSINI, R., **São Paulo adota corredores de concreto**, 2011, Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/sao-paulo-adota-corredores-de-concreto-235518-1.aspx>, Acessado em 10/11/2017

DNIT. **PRO 62/2004: Pavimento rígido – Avaliação objetiva**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Pav%20Rigidos%202005.pdf> Acesso em 12/11/2017

DNIT. **PRO 60/2004 : Pavimento rígido – Inspeção visual**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 63/2004: Pavimento rígido – Avaliação subjetiva**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **TER 61/2004: Pavimento rígido – Defeitos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004.

DUTRA, M. **Pavimento de concreto é alternativa eficaz e viável**, 2014, Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-de-concreto-e-alternativa-eficaz-e-viavel/> . Acesso em 09/11/2017.

FELIX, D.B.C, **Avaliação de metodologia de USACE aplicada à análise de condições de rolamento dos pavimento de concreto armado**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Prof. Orientador José Tadeu Balbo, Universidade de São Paulo, 2008.

FORTES, R. M., **Técnicas de Construção de Pavimentos – Parte I Sub-Bases e Bases**, 2017, Disponível em: <http://www.latersolo.com.br/wp-content/uploads/2015/03/T%C3%A9cnicas-de-Constru%C3%A7%C3%A3o-de-Pavimentos-Parte-I.pdf>, Acessado em 10/11/2017

GIUBLIN, C. R. Apostila, Disciplina: **Patologias em Pavimentos Rígidos**. Curitiba, 2009.

GONÇALVES, F. P., **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**, 1999, Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/09.pdf>, acessado em 09/10/2017

MARQUES, G. L. O., **Notas de aula da disciplina – Pavimentação**, 2012, Disponível em: <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>, acessado em 09/11/2017

MOSCHETTI, R., **Pavimento de concreto: Tecnologia e aplicação no Brasil**. Concreção – rodada do conhecimento, 2015.

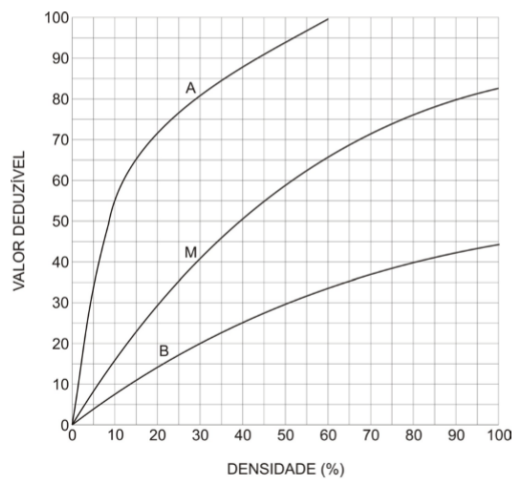
RODRIGUES, L.F., **Juntas em pavimentos de concreto: dispositivos de transferência de cargas**, Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, 2008

SITTER, W. R. Costs for service life optimization. The “Law of fives”. Durability of concrete structures, **Proceedings...** Copenhagen: CEB-RILEM, 1984. p. 18-20

7. ANEXOS

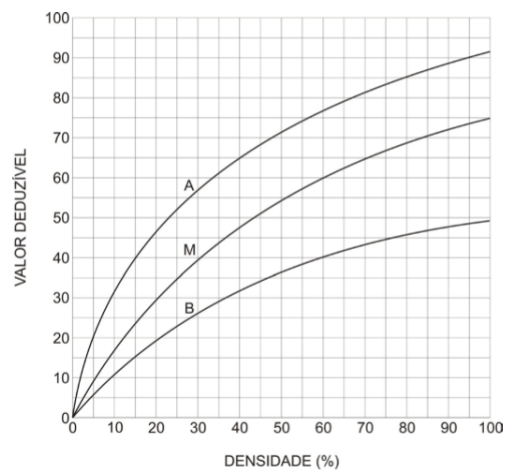
7.1. CURVAS PARA A DETERMINAÇÃO DO VALOR DEDUZÍVEL NO CÁLCULO DO ICP – NORMA 062/2004 –PRO

a) Alçamento de placas



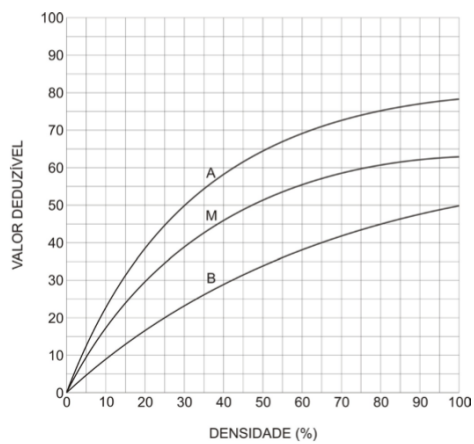
Fonte: CERL (1979)

c) Placa dividida



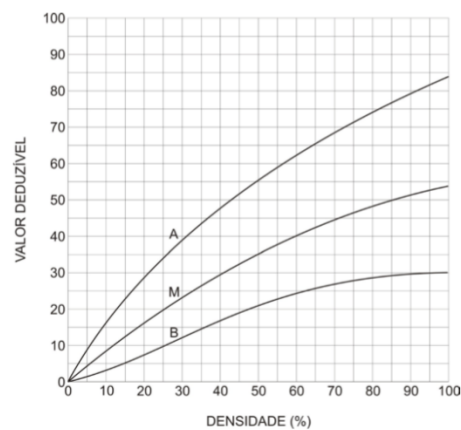
Fonte: CERL (1979)

b) Fissura de canto



Fonte: CERL (1979)

d) Degrau de junta

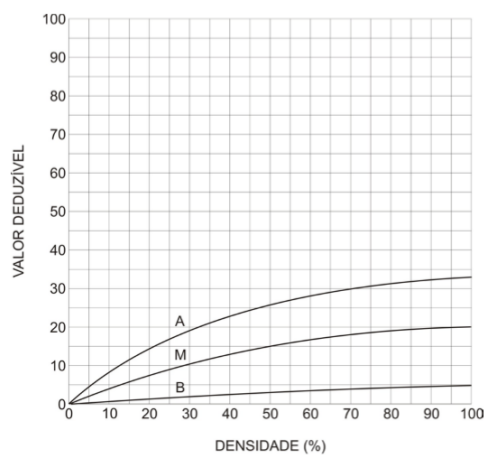


Fonte: CERL (1979)

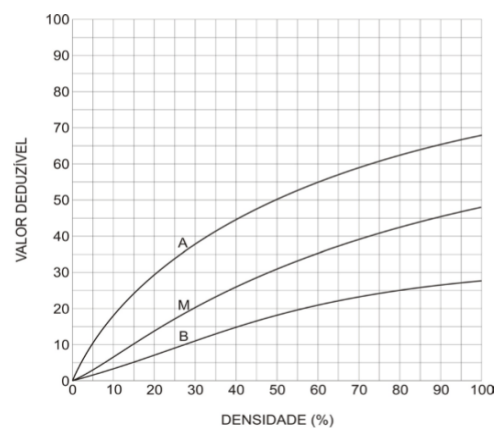
e) Defeito na selagem das juntas

Grau de severidade	Valores deduzíveis
Baixo	2 pontos
Moderado	4 pontos
Alto	8 pontos

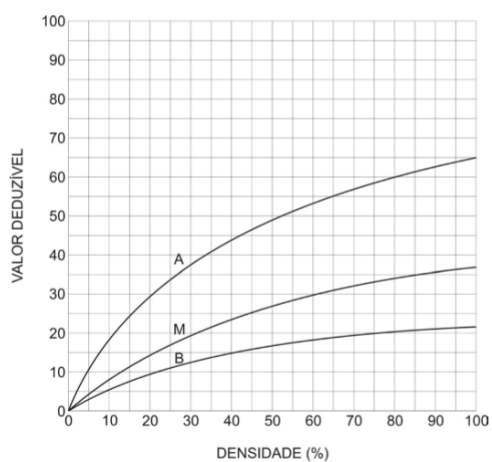
f) Desnível pavimento
acostamento



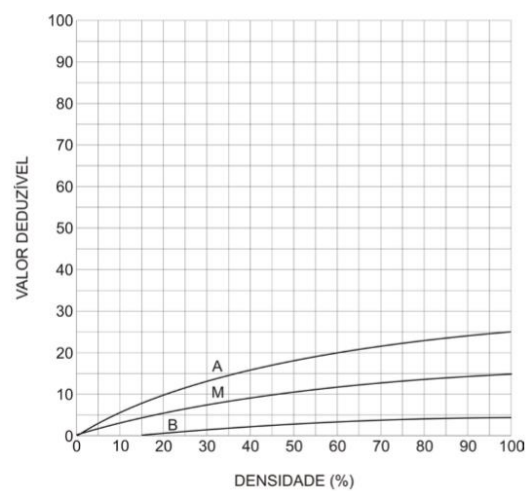
h) Grandes reparos



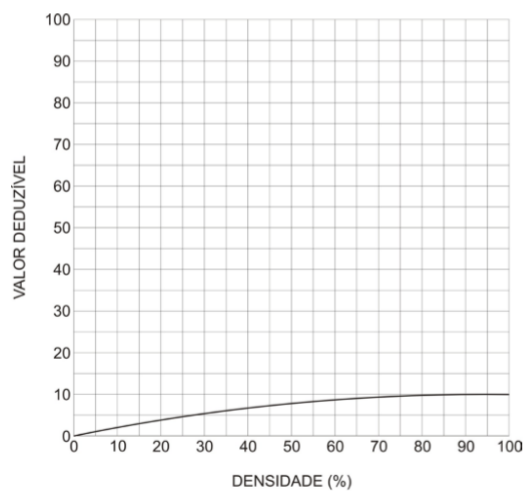
g) Fissuras lineares



i) Pequenos reparos

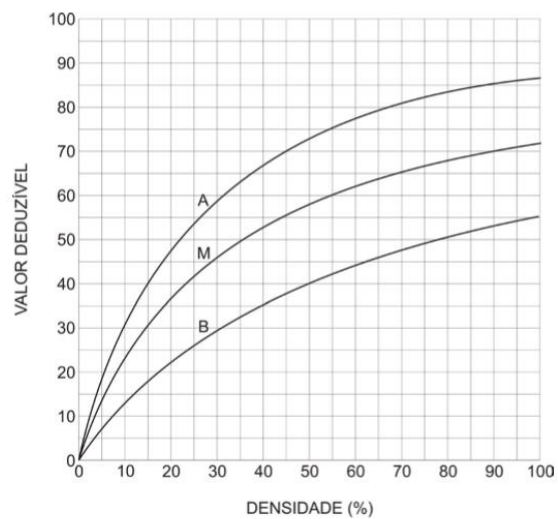


j) Desgaste superficial



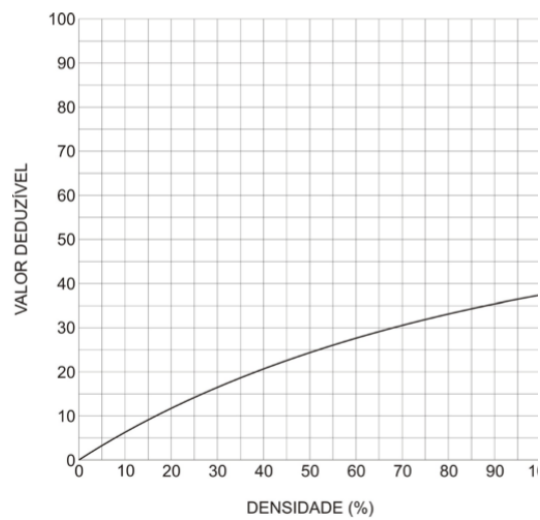
Fonte: CERL (1979)

l) Quebra Localizada



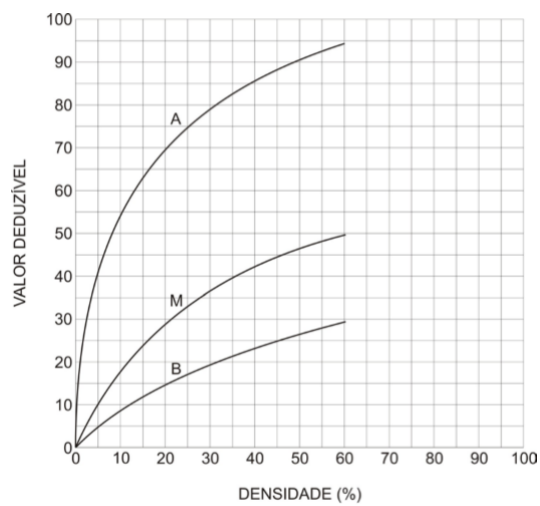
Fonte: CERL (1979)

k) Bombeamento



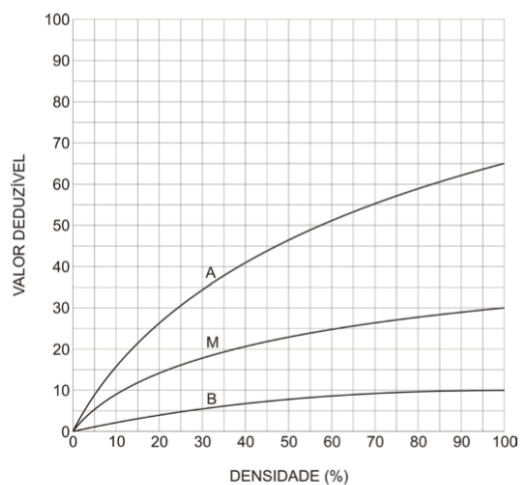
Fonte: CERL (1979)

m) Passagem de nível



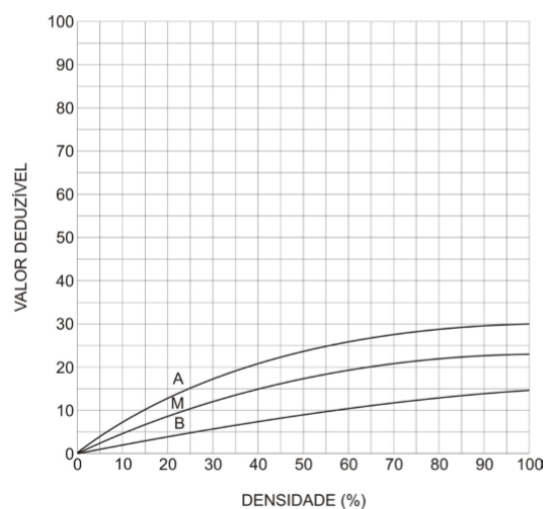
Fonte: CERL (1979)

n) Rendilhado e escamação



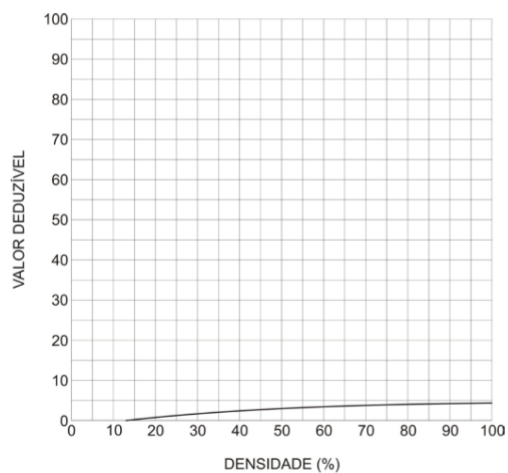
Fonte: CERL (1979)

p) Quebra de canto



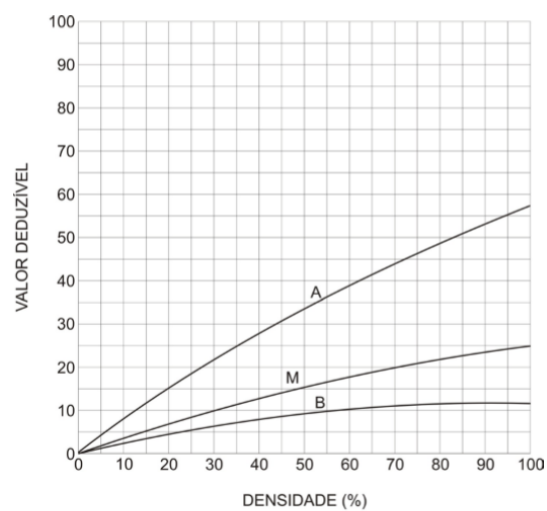
Fonte: CERL (1979)

o) Fissuras de retração plástica



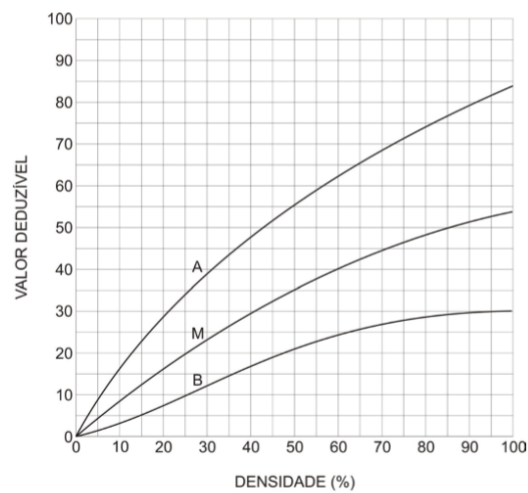
Fonte: CERL (1979)

q) Esborcinamento de juntas



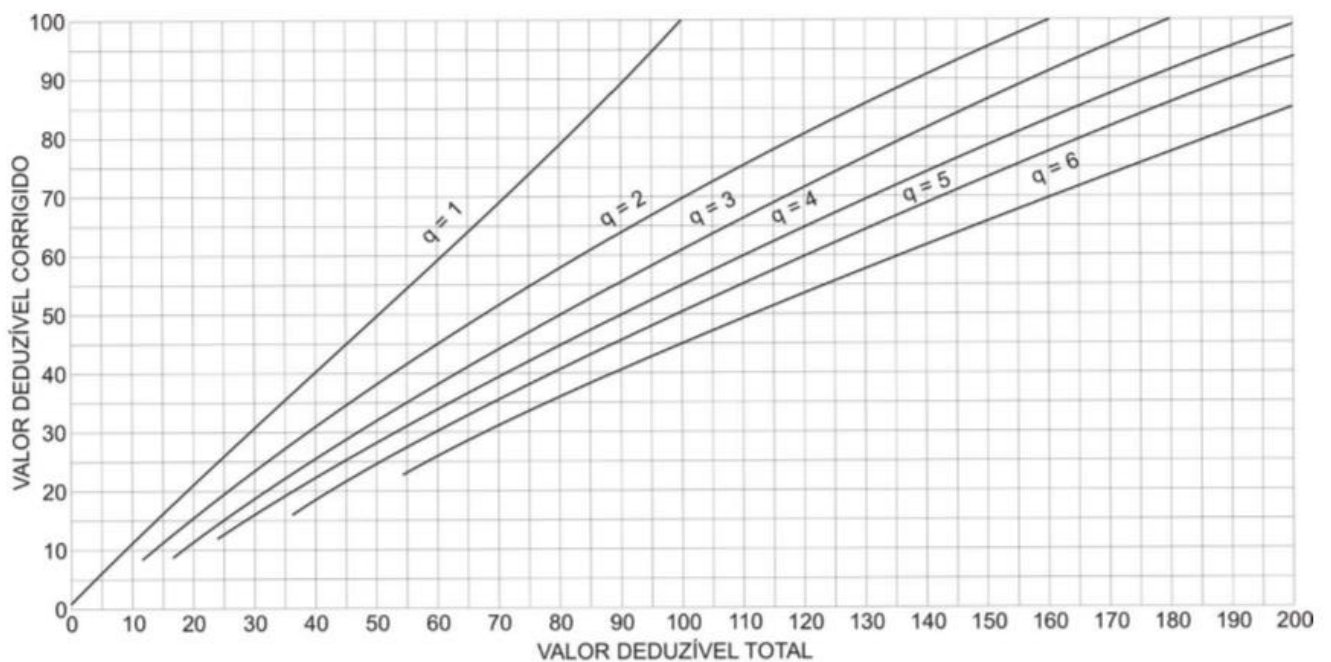
Fonte: CERL (1979)

r) Placa bailarina



Fonte: CERL (1979)

s) Tabela para correção do Valor Deduzível



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

7.2. QUADRO GERAL DAS PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM CAMPO

Legenda: 1 - Alçamento de placas; 2 - Fissura de canto; 3- Placa dividida; 4 - Degrau de junta; 5 - Defeito na selagem das juntas; 6 - Desnível pavimento-acostamento; 7 - Fissuras lineares; 8 - Grandes reparos; 9 - Pequenos reparos; 10 - Desgaste superficial; 11 - Bombeamento; 12 - Quebras localizadas; 13 - Passagem de nível; 14 - Rendilhado e escamação; 15 - Fissuras de retração plásticas; 16 - Quebra de canto; 17 - Esborcinamento de juntas; 18 - Placa bailarina										
Placa		Defeitos Parte A				Placa		Defeitos Parte B		
1A	8B				SUBTRECHO 1-10	1B	4M	7B		
2A	7M	2B	10			2B	10	7B		
3A	16M					3B	10	7B		
4A	2B	7B				4B	10			
5A	10	7B				5B	5B	10		
6A	16M					6B	7B	10		
7A	7M	5A				7B	7M	10		
8A	2M	10				8B	17B			
9A	7B	2B				9B	10			
10A	2B	7M				10B	7B	5A		
11A	2B	7A	5B		SUBTRECHO 11-20	11B	7B	10	5B	
12A	8M	16B				12B	7B	10	17B	
13A	2M	8M	7B	12M		13B	5B	10		
14A	2A	8M				14B	3B			
15A	9B	10	16B			15B	7B			
16A	16B	7B				16B	17B	7B	12B	
17A	16B	7B	10			17B	10	5B	17B	
18A	9B					18B	5B	10		
19A	9B	17B	7B			19B	10			
20A	7M	9B				20B	7B	5B		
21A	8B	15B	12B	5B	SUBTRECHO 21-30	21B	16B	3B	15B	
22A	7M	2B	10			22B	5B	2B		
23A	3B	17B				23B	17B			
24A	5A					24B	17A	7B	5A	
25A	12A	7M				25B	5M	17B	7B	
26A	5B	7B				26B	12B	5M		
27A	17A	15B				27B	5B			
28A	7B	5B				28B	12M	5B	7B	17B
29A	2B	3B	15B			29B	17B	5B		
30A	3B	5B				30B	16B	5B		

Legenda: 1 - Alçamento de placas; 2 - Fissura de canto; 3- Placa dividida; 4 - Degrau de junta; 5 - Defeito na selagem das juntas; 6 - Desnível pavimento-acostamento; 7 - Fissuras lineares; 8 - Grandes reparos; 9 - Pequenos reparos; 10 - Desgaste superficial; 11 - Bombeamento; 12 - Quebras localizadas; 13 - Passagem de nível; 14 - Rendilhado e escamação; 15 - Fissuras de retração plásticas; 16 - Quebra de canto; 17 - Esborcinamento de juntas; 18 - Placa bailarina

Placa	Defeitos Parte A					Placa	Defeitos Parte B			
31A	7B	5B	17A		SUBTRECHO 31-40	31B	5B	17M		
32A	17B	5B	7M			32B	5B			
33A	7B	9M	5B			33B	5B			
34A	5B					34B	7M	5B		
35A	3B	12M				35B	7B	5M		
36A	7M	5B				36B	5B			
37A	7M	9B				37B	5B	7B		
38A	8M	7M				38B	17B	5B		
39A	9B	15B				39B	5B	16M	17M	
40A	15B	5B	17B			40B	17B	5B		
41A	15B	17B			SUBTRECHO 41-50	41B	5B			
42A	15B	7B				42B	7B	17B		
43A	15B	5M				43B	5B			
44A	5B					44B	7M	5B		
45A	15B					45B	16M	5B		
46A	15B					46B	N/A			
47A	15B	17B				47B	17B	5B		
48A	7B	15B				48B	7M	17B		
49A	15B					49B	7B	5B	17B	
50A	15B					50B	7B	17B		
51A	7B	5B	17B		SUBTRECHO 51-60	51B	5B	17B	7B	
52A	8B	5B	17B			52B	5B	7B		
53A	7B	17B	12B			53B	7B	5B	17B	
54A	7M	17B				54B	7B	5B		
55A	5B	PREGO				55B	5B			
56A	8B	7B				56B	17B	5B		
57A	5B					57B	16M	5M	7M	
58A	17B					58B	7M	5B		
59A	N/A					59B	9B	12A	7M	
60A	5B					60B	8B			

Legenda: 1 - Alçamento de placas; 2 - Fissura de canto; 3- Placa dividida; 4 - Degrau de junta; 5 - Defeito na selagem das juntas; 6 - Desnível pavimento-acostamento; 7 - Fissuras lineares; 8 - Grandes reparos; 9 - Pequenos reparos; 10 - Desgaste superficial; 11 - Bombeamento; 12 - Quebras localizadas; 13 - Passagem de nível; 14 - Rendilhado e escamação; 15 - Fissuras de retração plásticas; 16 - Quebra de canto; 17 - Esborcinamento de juntas; 18 - Placa bailarina

Placa	Defeitos Parte A					Placa	Defeitos Parte B			
61A	N/A				SUBTRECHO 61-70	61B	7M	15B		
62A	PEGADA					62B	7M	5B		
63A	13B	17M				63B	7M			
64A	7B	10				64B	7B	3B		
65A	N/A					65B	7M			
66A	17B					66B	N/A			
67A	17M	5B				67B	N/A			
68A	N/A					68B	N/A			
69A	7M	12A				69B	17B			
70A	12B					70B	5B			
71A	N/A				SUBTRECHO 71-80	71B	7M			
72A	N/A					72B	17M			
73A	N/A					73B	5B			
74A	5B					74B	N/A			
75A	N/A					75B	N/A			
76A	5B					76B	N/A			
77A	5B					77B	5B	17B		
78A	N/A					78B	N/A			
79A	12M	17B	5B			79B	N/A			
80A	12M					80B	9B			
81A	17M	5B			SUBTRECHO 81-90	81B	8B	17M	5B	
82A	17M	5B				82B	N/A			
83A	5B					83B	8A	12A	4M	
84A	5B	7B				84B	17B	5B		
85A	5B	7B				85B	17B	5B		
86A	5B	17B				86B	17B	12B		
87A	17M	5M				87B	17M	5M		
88A	7B					88B	17B	5B		
89A	17B	5B				89B	17B	16B	5B	
90A	17B	5B				90B	N/A			

Legenda: 1 - Alçamento de placas; 2 - Fissura de canto; 3- Placa dividida; 4 - Degrau de junta; 5 - Defeito na selagem das juntas; 6 - Desnível pavimento-acostamento; 7 - Fissuras lineares; 8 - Grandes reparos; 9 - Pequenos reparos; 10 - Desgaste superficial; 11 - Bombeamento; 12 - Quebras localizadas; 13 - Passagem de nível; 14 - Rendilhado e escamação; 15 - Fissuras de retração plásticas; 16 - Quebra de canto; 17 - Esborcinamento de juntas; 18 - Placa bailarina

Placa	Defeitos Parte A					Placa	Defeitos Parte B			
91A	17B	5B			SUBTRECHO 91-100	91B	5B			
92A	17B					92B	5B			
93A	17B	5B				93B	17B	5M		
94A	N/A					94B	5B			
95A	5B					95B	17M	2B		
96A	5B					96B	5M	17B	7B	
97A	5B	17B				97B	5B			
98A	5B	17B				98B	5B			
99A	5B					99B	17B	5B		
100A	17B	5B				100B	5B			
101A	17B	5B			SUBTRECHO 101-110	101B	17B	5B		
102A	16B	5B				102B	5B			
103A	8B	17B	12M	5B		103B	5M	4B		
104A	17B	5B				104B	9B	17B		
105A	5B					105B	7B	17B	5M	
106A	17B	9B	MARCA			106B	5B			
107A	17B	5B				107B	7B	6B		
108A	12A	5B	9B			108B	5B			
109A	5B	17B				109B	5M	7M		
110A	15B	5B				110B	7M	5B	15B	
111A	5B				SUBTRECHO 111-120	111B	5B	15B		
112A	17B	5B				112B	7M	5B		
113A	5M	7B				113B	5B			
114A	5M	16B	12B			114B	7M			
115A	17B	5B				115B	7B	5B		
116A	12A	17B	5B			116B	5B			
117A	5B	17B				117B	5B			
118A	17B					118B	5B			
119A	5B					119B	5B			
120A	5B					120B	5B	7M		

Legenda: 1 - Alçamento de placas; 2 - Fissura de canto; 3- Placa dividida; 4 - Degrau de junta; 5 - Defeito na selagem das juntas; 6 - Desnível pavimento-acostamento; 7 - Fissuras lineares; 8 - Grandes reparos; 9 - Pequenos reparos; 10 - Desgaste superficial; 11 - Bombeamento; 12 - Quebras localizadas; 13 - Passagem de nível; 14 - Rendilhado e escamação; 15 - Fissuras de retração plásticas; 16 - Quebra de canto; 17 - Esborcinamento de juntas; 18 - Placa bailarina

Placa	Defeitos Parte A					Placa	Defeitos Parte B			
121A	5B				SUBTRECHO 121-130	121B	17B	7B	5B	
122A	5B					122B	5B	16B		
123A	5B	17B				123B	5B	7M	16B	
124A	5B					124B	5B	7M		
125A	5B					125B	17B	5B		
126A	5B					126B	5B	16B		
127A	5B					127B	5B			
128A	5B					128B	5B			
129A	5B					129B	5B	17B		
130A	5B					130B	5B	16B	7B	
131A	5B				SUBTRECHO 131-140	131B	5B			
132A	5B					132B	5B	16B		
133A	5B					133B	5B	16B		
134A	5B	17B				134B	16B	5B		
135A	5B					135B	16B	5B		
136A	5B					136B	17M	16B	5B	
137A	5B					137B	5B	16B		
138A	17M	5B				138B	5B			
139A	5B					139B	5B	16B	17B	
140A	5B					140B	5B	16B		