



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente**

**JAIRO TROMBETTA**

**SUBSÍDIOS PARA A TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO DA  
INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA: APLICAÇÃO NOS PAVIMENTOS  
ASFÁLTICOS NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR**

**Passo Fundo  
2010**

**JAIRO TROMBETTA**

**SUBSÍDIOS PARA A TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO DA  
INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA: APLICAÇÃO NOS PAVIMENTOS  
ASFÁLTICOS NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR**

Orientador: Dr. Adalberto Pandolfo  
Co-Orientador: M.Eng. Lauson Serafini

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

**Passo Fundo  
2010**

**JAIRO TROMBETTA**

**SUBSÍDIOS PARA A TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO DA  
INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA: APLICAÇÃO NOS PAVIMENTOS  
ASFÁLTICOS NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Data de Aprovação: Passo Fundo 13 de maio de 2010.

Doutor Adalberto Pandolfo  
Orientador

Mestre Lauson Serafini  
Co-Orientador

Doutor Luciano Pivoto Specht  
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ

Doutor Antônio Thomé  
Universidade de Passo Fundo - UPF

Doutora Luciana L. Brandli  
Universidade de Passo Fundo - UPF

Passo Fundo  
2010

Dedico, com meus agradecimentos, este trabalho primeiramente a Deus, aos meus filhos, Bruno e Elisa, e à minha esposa, Solange.

“Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida.  
Esses são os imprescindíveis.”

Bertolt Brecht.

## RESUMO

A malha viária urbana asfaltada das cidades brasileiras passa por um processo de deterioração em função das solicitações do tráfego, cada vez mais crescente, do intemperismo e, em muitos dos casos, devido a malha estar atingindo idade limite do seu ciclo de vida, aliado a falta de manutenção. Isso se constitui em preocupação das administrações municipais, responsáveis pela construção, manutenção e operação do sistema, no sentido de obter informações com relação ao estado atual das vias e respostas quanto ao o que deve ser feito, como fazê-lo, quando atuar e quanto isto custará aos cofres públicos. Nas últimas décadas muitos estudos tem se voltado ao estabelecimento de métodos que auxiliem os administradores a tomar decisões no sentido de prover a malha viária de satisfatória condição de utilização. Estes métodos devem ser contextualizados com as peculiaridades de cada município indicando soluções viáveis, levando-se em conta avaliações confiáveis e diagnósticos que apontem para a aplicação de medidas de intervenção com a maior relação custo-benefício para a sociedade. Para tanto, este trabalho se utilizou do Método do Índice da Condição do Pavimento (PCI) para analisar trechos de pavimentos da malha viária de Pato Branco – PR, podendo ser aplicado em toda a malha viária. Os resultados obtidos denotam um conceito prático e realista da condição do pavimento, remetendo a aspectos vantajosos no uso desta ferramenta na gestão dos pavimentos urbanos.

**Palavras-Chave:** Pavimentos Urbanos. Avaliação de Pavimentos Asfálticos. Diagnóstico da Condição dos Pavimentos.

## ABSTRACT

The urban road network paved in Brazilian cities is undergoing a process of deterioration in function of traffic requests, and growing increasingly due to weathering of the very most of the mesh to be reaching the age limit of their life cycle coupled with lack of maintenance. This constitutes concern of municipal administrations, responsible for constructing, maintaining and operating the system in order to obtain information regarding the current state of the roads and answers as to what should be done, how to do it, when and how to act this will cost the public coffers. In recent decades many studies have been directed to the establishment of methods to help managers make decisions in order to provide the road network in satisfactory condition for use. These methods need to contextualize the particularities of each municipality in order to suggest viable solutions, taking into account reliable evaluations and diagnoses to suggest the implementation of intervention measures with the most cost-effective for society. Therefore, this work has used the method of pavement condition index (PCI) to analyze portions of floors of the road network of Pato Branco - PR, can be applied across the roads. The results show a practical and realistic concept of the condition of the pavement, leaving the beneficial aspects in the use of this tool in the management of urban pavements.

**Keywords:** Urban pavements. Evaluation of Asphalt Pavements. Diagnosis of the Condition of Pavements.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	9
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.4.1 Objetivo geral.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
1.5 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	14
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1 INFRAESTRUTURA.....	16
2.1.1 Sistema viário de pavimentos urbanos.....	16
2.1.2 Classificação das vias urbanas.....	17
2.1.2.1 Classificação segundo a função das vias.....	17
2.1.2.2 Classificação em função do volume de tráfego.....	17
2.2 PAVIMENTOS.....	20
2.2.1 Definições pertinentes aos pavimentos.....	20
2.2.2 Classificação dos pavimentos.....	21
2.2.2.1 Pavimentos flexíveis.....	21
2.2.2.2 Pavimentos rígidos.....	22
2.2.2.3 Pavimentos semi-rígidos.....	22
2.2.2.4 Pavimentos compostos.....	22
2.2.2.5 Pavimentos invertidos.....	22
2.2.2.6 Pavimentos intertravados.....	23
2.3 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	23
2.3.1 Finalidades de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP).....	24
2.3.2 Estrutura de um SGP.....	25
2.4 AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS.....	27
2.4.1 Conceitos.....	27
2.4.2 Avaliação dos defeitos de superfície.....	29
2.4.2.1 Avaliação da condição funcional.....	29
2.4.2.2 Avaliação da condição estrutural.....	30
2.4.3 Deterioração dos pavimentos.....	31
2.4.3.1 Mecanismos do trincamento.....	33
2.4.3.2 Mecanismos de deformações.....	35
2.4.3.3 Mecanismos da desagregação.....	37
2.4.4 Desempenho quanto à segurança.....	38
2.4.5 Identificação dos defeitos de superfície.....	40
2.4.6 Metodologias para o levantamento de dados.....	43
2.4.7 Avaliação subjetiva dos pavimentos.....	45
2.4.8 Avaliação objetiva dos pavimentos.....	49
2.4.8.1 Método do IGG - Norma DNIT 006/2003-PRO.....	49
2.4.8.2 Método PCI ( <i>Pavement Condition Index</i> ).....	52
2.4.8.3 Método do Índice de Serventia Urbano (ISU).....	55
2.5 DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO.....	58
2.6 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS.....	59
2.6.1 Definição de estratégias de manutenção.....	59
2.6.2 Seleção de atividades de manutenção e reabilitação.....	61

2.6.3	Árvores de decisão para atividades de manutenção e reabilitação.....	68
<b>3</b>	<b>MÉTODO DA PESQUISA.....</b>	<b>75</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO.....	75
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	76
3.3	ESCOLHA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO.....	77
3.4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	79
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>88</b>
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS E OCORRÊNCIAS QUE CARACTERIZEM OS TRECHOS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NA CIDADE DE PATO BRANCO – PR.....	88
4.1.1	Escolha dos trechos em função da classificação e do tráfego.....	88
4.2	ANÁLISE DO TRECHO 1.....	91
4.2.1	Classificação da via em função do tráfego.....	91
4.2.2	Levantamento <i>in loco</i> dos dados e ocorrências do trecho 1 selecionado.....	91
4.2.3	Diagnóstico das condições físicas e de operação atuais dos trechos analisados.....	93
4.2.3.1	Determinação do PCI ( <i>Pavement Condition Index</i> ) através da planilha de cálculo com base nos dados levantados.....	93
4.2.3.2	Classificação do trecho analisado com base no índice PCI obtido.....	95
4.2.3.3	Diagnóstico do trecho analisado a partir de sua condição operacional.....	96
4.2.3.4	Análise das medidas de manutenção aplicáveis.....	101
4.2.3.5	Escolha da medida proposta através da árvore de decisão.....	102
4.3	ANÁLISE DO TRECHO 2.....	103
4.3.1	Classificação da via em função do tráfego.....	103
4.3.2	Levantamento <i>in loco</i> dos dados e ocorrências do trecho 2 selecionado.....	104
4.3.3	Diagnóstico das condições físicas e de operação atuais dos trechos analisados.....	106
4.3.3.1	Determinação do PCI ( <i>Pavement Condition Index</i> ) através da planilha de cálculo com base nos dados levantados.....	106
4.3.3.2	Classificação do trecho analisado com base no índice PCI obtido.....	108
4.3.3.3	Diagnóstico do trecho analisado a partir de sua condição operacional.....	109
4.3.3.4	Análise das medidas de manutenção aplicáveis.....	114
4.3.3.5	Escolha da medida proposta através da árvore de decisão.....	115
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	116
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>118</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	118
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>134</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No atual estágio do desenvolvimento humano, observa-se uma busca constante na melhoria dos processos que interferem e fazem parte do dia-a-dia da sociedade; estes processos estão presentes nas mais diversas atividades, seja no setor da indústria, do comércio ou de serviços. O uso constante de recursos naturais e financeiros causa um impacto cada vez mais sentido pela população; em vista disso, o ser humano busca planejar melhor suas ações, gerenciando os recursos disponíveis através de ações que prolonguem a vida útil dos bens produzidos, reduzindo custos visando gerar o maior benefício possível sobre um processo.

Com o objetivo de dispor de uma série de bens e serviços para possibilitar o desenvolvimento de suas atividades, sociais, econômicas ou institucionais, as pessoas, reunidas em uma sociedade produzem bens em comum que formam uma grande rede de bens e serviços a qual denomina-se infraestrutura. Um dos sistemas que fazem parte desta rede de bens e serviços é o sistema viário urbano, que além de servir de local de tráfego de veículos e pessoas, também recebe a instalação de outros sistemas da infraestrutura, tais como, rede de água, esgoto, telecomunicações, energia elétrica e outros. Este sistema é administrado (construção, manutenção, ampliação, gerenciamento), na sua grande maioria, pelas administrações públicas municipais.

A rede viária urbana se constitui em um grande patrimônio público, em função do significativo capital investido na sua construção e manutenção e, pelo importante papel que ela desempenha no desenvolvimento das atividades da sociedade. Em vista disso, merecem atenção especial da administração pública, no tocante a sua manutenção, tornando as vias urbanas aptas a servir a população, de modo a que esta se desloque com rapidez e em condições satisfatórias do conforto e segurança e, preservando o patrimônio público.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A implementação de ações que visam à manutenção da boa condição dos pavimentos demanda grande soma de recursos, que via de regra, procedem de um orçamento restritivo; portanto é necessário estratégias que apontem onde deve ser aplicado o recurso, quando aplicá-lo e o tipo de intervenção a ser feita, de modo a se obter um maior retorno possível para a sociedade.

Segundo Senço (2001) o pavimento é submetido ao processo destrutivo desde o instante que ele é aberto ao tráfego de veículos. À medida que a via é utilizada, seu desgaste natural levará, dentro de um determinado tempo, a uma situação limite, deixando assim de oferecer as condições adequadas para o tráfego.

A fim de racionalizar e otimizar os recursos necessários a manutenção da rede viária, a administração deve adotar procedimentos sistemáticos que possibilitem a compreensão da situação atual das vias, através de avaliações e diagnósticos a cerca de como os pavimentos estão cumprindo com sua função e quais suas necessidades atuais e futuras.

A pouca utilização de procedimentos ou técnicas para a avaliação das condições dos pavimentos urbanos e, a conseqüente falta de critérios que norteiam as escolhas de alternativas de intervenções nas vias, levando a ineficácia na aplicação dos recursos públicos neste setor, fundamentam a problemática desta dissertação.

A ausência de procedimentos técnicos bem definidos leva o poder público municipal a tomar decisões de alocação de recursos para ações que muitas vezes não respondem as reais necessidades do pavimento; arcando com um elevado risco de adotar uma solução aquém das necessidades, gerando assim um trabalho insuficiente e de efeito paliativo; ou adotar uma solução além das necessidades, perdendo assim valiosa parte dos recursos e gerando uma baixa relação custo/benefício. Além do que, os recursos correm o risco de serem aplicados em trechos de menor prioridade, em termos de condições de tráfego, condição estrutural do pavimento, entre outros aspectos.

Neste contexto, destaca-se a necessidade de se estabelecer alternativas técnicas a cerca da gestão dos pavimentos urbanos.

São poucas as proposições técnicas consagradas para aplicação em pavimentos urbanos em termos de avaliação dos pavimentos e procedimentos de manutenção, visto que a maioria das pesquisas até o presente, estão voltadas ao meio rodoviário e, há que se considerar

as diferentes especificidades destes para os pavimentos urbanos, em termos de estrutura dos pavimentos, tráfego atuante e até de meios disponíveis para avaliação e execução das intervenções.

Nos últimos anos foi grande o incremento na quantidade de veículos nas cidades brasileiras, sobre tudo nas grandes e médias cidades. Pato Branco, no sudoeste do Paraná, que pode ser considerada uma cidade de porte médio, tem sentido de sobre maneira este incremento no número de veículos nos últimos anos, exigindo do poder público um conjunto de ações urgentes de ampliação da rede viária e principalmente manutenção dos pavimentos existentes, evitando que estes se deterioreem a ponto de exigirem intervenções mais pesadas e onerosas.

O questionamento que motivou o presente trabalho é saber “como a utilização de procedimentos adequados no gerenciamento de pavimentos urbanos poderá contribuir na tomada de decisão, por parte da Administração Pública no município de Pato Branco-PR?”.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Pavimentar uma via de circulação de veículos é uma obra que enseja a melhoria operacional para o tráfego, pois, segundo Balbo (2007) na medida em que é criada uma superfície mais regular, mais aderente, mais resistente e menos ruidosa, proporcionando-se aos usuários conforto, segurança e diminuição dos custos operacionais, haja vista que estes aspectos estão associados às condições de superfície dos pavimentos.

A malha viária brasileira é cada vez mais solicitada, tendo em vista o incremento anual na frota de veículos. Segundo dados da ANFAVEA (Associação dos Fabricantes de Veículos Automotores), 3.141.240 veículos foram emplacados em 2009.

A rede viária urbana, parte integrante do patrimônio público, em função do grande investimento para sua implantação e pela sua importância no desenvolvimento de todas as atividades de uma cidade, merece atenção especial, quanto a sua manutenção.

Segundo Bourahli (1997), além de servir de utilidade pública para todo o território da cidade, deve permitir que a população se desloque em condições de conforto e segurança satisfatórias.

Para ABEDA (2006), a execução de pavimentação e/ou reabilitação da pavimentação existente proporciona benefícios diretos aos usuários com a melhoria dos níveis de conforto e

segurança e, ainda, redução dos custos operacionais dos veículos, incrementa o progresso sócio-econômico das comunidades, repercutindo positivamente na qualidade de vida dos cidadãos.

Uma conservação preventiva, muito mais do que uma conservação corretiva, segundo Senço (2001), concorre para um retardamento do processo destrutivo do pavimento; este retardamento rende, em termos econômicos, grandes dividendos, por permitir maior racionalização na distribuição dos recursos.

O gerenciamento de pavimentos torna-se assim, algo natural que, por meio de levantamentos periódicos das superfícies expostas, com a quantificação da magnitude e tipo de falhas, leva a uma estimativa da vida útil do pavimento e dos serviços necessários para a reposição da estrutura e revestimento em condições de atender à demanda de tráfego. O gerenciamento visa a execução de serviços de conservação e restauração do revestimento antes que a estrutura do pavimento se degenere a ponto de exigir um pavimento novo com despesas muito mais elevadas.

As técnicas de conservação de pavimentos tiveram uma evolução considerável nos últimos anos. Senço (2001) considerou que mesmo tendo contra si, a idéia em termos de prestígio político de que a construção do pavimento é muito mais rentável do que a conservação; aos poucos, porém, nota-se uma mudança deste conceito, uma vez que uma via pavimentada mal conservada chama atenção de forma muito negativa.

Para Scaranto (2007), com a ausência de procedimentos técnicos bem estabelecidos, o poder público municipal toma decisões baseadas em soluções que não representam muitas vezes a real necessidade dos pavimentos. Neste contexto, fica inviável estabelecer a priorização de quais vias seriam contempladas num possível programa de manutenção. Fica evidente a necessidade de buscar novas alternativas técnicas para equacionar este problema.

Em função da busca por alternativas de manutenção de pavimentos, que tragam melhorias, é fundamental o estudo do comportamento dos pavimentos em relação a sua deterioração e aos resultados que determinada atividade de manutenção gera no pavimento, de modo a possibilitar que sua recuperação seja realizada de forma racional.

Para Gonçalves (2007, p. 83) uma das grandes “dificuldades encontradas pelos administradores de uma rede pavimentada, seja rodoviária, seja urbana, refere-se ao planejamento, programação e identificação das estratégias de manutenção a serem adotadas durante o ciclo de vida dos pavimentos”.

Chega-se então, a necessidade de estabelecer proposições coerentes e concisas de procedimentos técnicos de avaliação dos pavimentos e estabelecer alternativas de manutenção técnica e economicamente apropriadas. Deve-se aprimorar as técnicas de avaliação, para que efetivamente seja diagnosticada a condição real do pavimento e, evoluir nos procedimentos de manutenção, oferecendo a aqueles que tomam as decisões, condições de fazê-lo com segurança de o que fazer, quando fazer, onde fazer e qual o custo da decisão.

Em vista disto, foram investigados diversos procedimentos para a avaliação das condições de pavimentos, buscando estabelecer critérios que justifiquem a adoção de determinada intervenção de manutenção.

No momento em que está sendo implementado um novo Plano Diretor no município, resultado da aplicação das legislações federal (Lei nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade) e estadual (Lei Estadual nº 15.299, de 26 de julho de 2006 – Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano), onde a infra-estrutura e o sistema viário estão contemplados é de grande relevância que se analise o sistema, criando um banco de dados da estrutura existente, observando as técnicas aplicadas na manutenção e restauração dos pavimentos asfálticos, avaliando as condições de uso e de deterioração e, propondo alternativas e gerando uma "Estratégia-Base", definida como aquela onde as árvores de decisão do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) são aplicadas a cada ano e todas as medidas de conservação e restauração ali detectadas são efetivamente implementadas, sem qualquer consideração acerca de restrições orçamentárias.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral: realizar a avaliação de pavimentos urbanos, a fim de auxiliar o poder público municipal da cidade de Pato Branco-PR no processo de gerenciamento da malha viária urbana, em nível de projeto, proporcionando informações para dar suporte à tomada de decisão.

### 1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- 1) Caracterizar as ocorrências de defeitos de dois trechos de pavimentos asfálticos na cidade de Pato Branco-PR;
- 2) Diagnosticar as condições físicas e de operação atuais dos trechos analisados;
- 3) Propor medidas de intervenção para manutenção nos trechos analisados, em função do diagnóstico apresentado.

### 1.5 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho tem sua área de abrangência na análise de pavimentos asfálticos, em nível de projeto, na cidade de Pato Branco – PR. Foram analisados dois trechos de vias urbanas, com funções diferenciadas, e foi aplicado um método para avaliação das condições de seu pavimento. Os resultados indicam a condição específica destes trechos; contudo, a sistemática adotada pode ser aplicada em toda a malha viária. Em função da condição do pavimento observada, estabeleceu-se um diagnóstico e, através de árvore de decisão aponta-se para possíveis tipos de intervenção.

### 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos, descritos abaixo:

Capítulo 1 – Apresenta a problemática em torno da questão dos pavimentos urbanos; o que representam para a sociedade, como são utilizados, condições peculiares de construção, desgaste e manutenção a que são submetidos. Aborda as dificuldades que as administrações municipais enfrentam, em nível técnico, financeiro e administrativo na gestão dos pavimentos e realça a importância do estabelecimento de procedimentos adequados na avaliação, diagnósticos e medidas de manutenção.

Capítulo 2 – A revisão bibliográfica apresenta conceitos da infraestrutura, onde os pavimentos estão inseridos, conceitos sobre os pavimentos e sistemas de gerência de pavimentos; adiante são apresentados referenciais sobre a tipificação dos defeitos nos pavimentos e métodos de

avaliação dos mesmos. Neste capítulo, também são apresentados métodos para o diagnóstico e formas de manutenção dos pavimentos.

Capítulo 3 – Neste capítulo está a metodologia do trabalho, descrevendo as etapas que compreendem este estudo, visando contemplar os objetivos e caracterizando esta pesquisa. Também contempla o detalhamento do processo de seleção dos trechos analisados, o levantamento e o tratamento dos dados de campo, a avaliação o diagnóstico e a proposição de alternativa de manutenção para os trechos analisados.

Capítulo 4 – Destina-se a apresentação dos resultados da avaliação, diagnóstico e proposição de intervenção nos trechos analisados e análise crítica e discussão destes resultados e do método adotado.

Capítulo 5 – Apresenta-se as conclusões do trabalho, situando o mesmo no contexto da gestão dos pavimentos urbanos e sugerindo linhas de estudos para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 INFRAESTRUTURA**

A infraestrutura pode ser definida como sendo um sistema de equipamentos combinados que proporcionam serviços essenciais, tais como: transporte; saneamento; energia; telecomunicações; parques e recreação a população. Estes equipamentos são implantados e geridos por agências governamentais (geralmente) ou por empresas privadas e tem por objetivo proporcionar às pessoas, meios para desenvolverem atividades sociais, econômicas ou institucionais comuns (HUDSON e HAAS, 1997).

#### **2.1.1 Sistema viário de pavimentos urbanos**

É a composição de vias que se interligam, possibilitando integração de diferentes atividades urbanas, notadamente as que se referem a mobilidade urbana de veículos e pedestres, delimitando espaços públicos e privados, além de ser o local de implantação de redes de serviços públicos. Mascaró, (1987) afirma que este sistema é o mais importante, dentre os sistemas de uma infraestrutura urbana, pois:

- 1) Ocupa uma parcela significativa do solo urbano, entre 20 e 25%;
- 2) É o mais caro do conjunto de sistemas urbanos, pois atinge em torno de 50% do custo de urbanização, no que se refere a implantação e manutenção;
- 3) Uma vez implantado é o sistema que mais dificuldade apresenta para aumentar sua capacidade, pelo solo que ocupa, pelos custos que envolve e pelas dificuldades operacionais requeridas para a intervenção;
- 4) É o sistema que mais intimamente está ligado aos usuários; conseqüentemente os erros e certos na construção e manutenção são mais sentidos pela população.

Ainda segundo Mascaró (1987) o sistema viário urbano é constituído por duas partes, distintas por suas funções: a via urbana convencional, destinada ao trânsito de veículos e ao

escoamento de águas pluviais e, os passeios adjacentes ao leito carroçal, destinados ao trânsito de pedestres.

Para Bourahli (1997) a função da via de servir de passagem de diferentes redes de serviço e de possibilitar sua manutenção a prejudica, na medida em que são executadas escavações e/ou conformações na superfície da via, tornando sua manutenção mais difícil e onerosa. As redes e as instalações subterrâneas representam uma restrição extremamente forte aos órgãos responsáveis pela manutenção das vias.

## **2.1.2 Classificação das vias urbanas**

### **2.1.2.1 Classificação segundo a função das vias**

A caracterização das vias urbanas se dá pela função que exercem, pelo meio-ambiente onde estão inseridas e pelo tipo de acesso a mesma. De acordo com a NBR 6973/1983 do Sistema Nacional na modalidade Rodoviária, as vias urbanas são classificadas da seguinte maneira:

- 1) Vias Urbanas do Sistema expresso – são vias com duas ou mais faixas de trânsito em cada sentido, com acesso total ou parcialmente controlado;
- 2) Vias Urbanas do Sistema Arterial – são vias de ligação as áreas de geração de trânsito, ou as principais rodovias que penetram a cidade; essas vias são integradas no sistema de Vias Expressas, para permitir uma boa distribuição e repartição de trânsito nas ruas Coletoras e Locais.
- 3) Vias Urbanas do Sistema Coletor – são ruas que servem para trânsito entre as Vias Arteriais e Locais.
- 4) Vias Urbanas do Sistema Local – são ruas usadas para acesso direto à áreas residenciais, comerciais e industriais.

### **2.1.2.2 Classificação em função do volume de tráfego**

O volume de tráfego numa via é quantificado em termos de cada tipo de veículo que trafega, após transforma-se todo o tráfego atuante em um número equivalente (N) de operações de um eixo padrão de 80 kN.

Segundo consta na Instrução de Projeto IP-02 (2005) da Prefeitura Municipal de São Paulo (2009) a previsão final de “N” deve tomar por base contagens classificatórias, para utilização dos tipos de tráfego abaixo relacionados. Quando houver disponibilidade de dados de pesagem de eixos, com a respectiva caracterização por tipos, o cálculo do valor final “N” deverá seguir integralmente as recomendações e instruções do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT-1996.

As vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas, para fins de dimensionamento de pavimento, de acordo com o tráfego para as mesmas, nos seguintes tipos:

- 1) Tráfego Leve: Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de  $10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.
- 2) Tráfego Médio: Ruas e avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de  $5 \times 10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.
- 3) Tráfego Meio-Pesado: Ruas e avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de  $2 \times 10^6$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.
- 4) Tráfego Pesado: Ruas e avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de  $2 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos.
- 5) Tráfego Muito Pesado: Ruas e avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizada por um número “N” típico superior a  $5 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 12 anos.

Função Predominante	Tráfego Previsto	Via de Projeto (anos)	Volume Inicial Faixa Mais Carregada		Equivalente Por Veículo (Fv)	N <sup>(1)</sup>	N <sup>(1)</sup> Característico
			<i>VEÍCULO LEVE</i>	<i>CAMINHÃO/ÔNIBUS</i>			
Via Local Residencial	LEVE	10	100 A 400	4 A 20	1,50	2,7 x 10 <sup>4</sup> A 1,4 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
Via Coletora Secundária	MÉDIO	10	401 A 1500	21 A 100	1,50	1,4 x 10 <sup>5</sup> A 6,80 x 10 <sup>5</sup>	5 x 10 <sup>5</sup>
Via Coletora Principal	MEIO PESADO	10	1501 A 5000	101 A 300	2,30	1,4 x 10 <sup>6</sup> A 3,1 x 10 <sup>6</sup>	2 x 10 <sup>6</sup>
Via Arterial	PESADO	12	5001 A 10000	301 A 1000	5,90	1,0 x 10 <sup>7</sup> A 3,3 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>7</sup>
Via Artéria Principal/ Expressa	MUITO PESADO	12	>10000	1001 A 2000	5,90	3,3 x 10 <sup>7</sup> A 6,7 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		<500		3 x 10 <sup>6</sup> (2)	10 <sup>7</sup>
	VOLUME PESADO	12		>500		5 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>

Quadro 1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego

**NOTAS**

(1) Valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

(2) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagem e partidas)

A quantificação do volume de veículos, segundo Balbo (2007) é feita com contagem a campo, utilizando-se equipamentos automatizados ou a partir de levantamentos visuais; neste caso aconselha a adoção da nomenclatura indicada pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre) e, planilhas de contadores manuais em que são anotados, hora a hora, os volumes observados para cada tipo de veículo, conforme Anexo 1. O levantamento de campo é realizado em períodos seqüenciais de uma hora, com cobertura de 24 horas por dia. Recomenda que seja feito levantamento em período de uma semana, evitando-se período atípico, como feriados ou ocorrência de eventos não rotineiros.

O um número equivalente (N) de operações de um eixo padrão, admitindo-se o crescimento linear do tráfego é calculado pela fórmula (1) abaixo:

$$N = 365 \cdot \text{VDMc} \cdot \frac{(1+P \cdot t)^2 - 1}{2 \cdot t} \cdot \text{Fv} \cdot \text{Fr} \quad (1)$$

Onde;

VDMc = Volume Diário Médio de caminhões e ônibus;

P = Período de projeto;

t = taxa de crescimento anual (decimal);

Fv = Fator de equivalência de veículo, tomado do Quadro 1 em função do VDMc;

Fr = Fator climático regional, adotando-se  $Fr=1,0$  conforme Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

## 2.2 PAVIMENTOS

### 2.2.1 Definições pertinentes aos pavimentos

Segundo Senço (2007) o pavimento é uma estrutura construída sobre terraplanagem e destinada, técnica e economicamente, a:

- 1) Resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los;
- 2) Melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- 3) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

É um sistema de várias camadas de materiais diversos, de espessuras finitas, que se assenta sobre um semi-espaço infinito que exerce a função de fundação da estrutura, chamado subleito.

Balbo (2007) ressalta que pavimentar uma via de circulação de veículos é uma obra civil que objetiva a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto ao rolamento), mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista molhada).

Ao se proporcionar ao usuário uma via com melhor condição de qualidade ao rolamento, este obterá ganhos em termos de custos operacionais, haja vista que estes custos estão diretamente associados ao custo de operação do veículo, tempo de viagem e ao custo com acidentes e estes fatores dependem das condições da superfície do pavimento.

De acordo com a NBR 7207/82, a estrutura típica de um pavimento é constituída pelo subleito, sub-base, base e revestimento, cujas definições são:

- 1) Subleito: é o terreno de fundação do pavimento ou do revestimento.
- 2) Sub-base: é a camada corretiva do subleito, ou complementar a base, quando por qualquer circunstância não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido da terraplanagem.
- 3) Base: é uma camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos, sobre a qual se constrói um revestimento.

- 4) Revestimento: é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, que se destina econômica e simultaneamente:
- a) a melhorar as condições do rolamento quanto a comodidade e segurança;
  - b) a resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Ainda, pode ser executada uma camada de reforço do subleito, entre este e a sub-base, para melhorar as condições de suporte do solo de fundação do pavimento.

As placas de concreto, nos pavimentos rígidos, preenchem as finalidades próprias do revestimento e base, simultaneamente. Ainda a NBR 7207/1982 considera uma estrada que tenha apenas um “revestimento primário” (cascalhamento, macadame ou pedra brita), como não pavimentada.

Segundo análise de Medina (2005) à medida que se passou a analisar o pavimento como um sistema em camadas e a calcular as tensões e deformações, começou-se a considerar a absorção dos esforços de tração pelas camadas superficiais dotadas de rigidez. Os esforços tangenciais aplicados por pneumáticos são absorvidos numa espessura de poucos centímetros do revestimento. O estado de tensão aplicado a uma camada espessa de concreto asfáltico tem influência na tensão transmitida ao subleito. A deformabilidade das camadas de base e sub-base granulares influencia o comportamento da fadiga na camada de revestimento, provocando um trincamento em maior uma menor progressividade.

## **2.2.2 Classificação dos pavimentos**

Os pavimentos são classificados segundo a tipologia e comportamento de sua estrutura, conforme segue.

### **2.2.2.1 Pavimentos flexíveis**

De acordo com Gonçalves (2007) um pavimento flexível é constituído por um revestimento asfáltico sobre camada de base granular. Neste tipo de pavimento a distribuição das tensões e deformações geradas na estrutura pelas cargas de rodas do tráfego se dá de modo que as camadas de revestimento e base aliviem as tensões verticais de compressão no subleito por meio da absorção de tensões cisalhantes. Nesse processo tensões e deformações nas fibras inferiores do revestimento asfáltico provocam seu trincamento por fadiga com a

repetição das cargas do tráfego; ao mesmo tempo em que as tensões e deformações verticais de compressão que atuam em todas as camadas do pavimento levarão a formação do afundamento em trilha de roda ou ondulações longitudinais. A NBR 7207/1982 inclui nesta classificação os pavimentos com paralelepípedos, de cimento, de pedra, de cerâmica e blocos de concreto e alvenaria poliédrica (calçamento com pedras irregulares).

#### **2.2.2.2 Pavimentos rígidos**

De acordo com Medina (2005) o pavimento rígido é constituído por placas de concreto de cimento portland (CCP) assentes sobre o solo de fundação ou sub-base granular intermediária. Segundo Gonçalves (2007) a placa de CCP é o principal componente estrutural, deste tipo de pavimento, aliviando as tensões para as camadas subjacentes por meio de sua elevada rigidez a flexão, quando são geradas tensões e deformações de tração sob a placa, que ocasionam trincamento por fadiga após certo número de repetições da carga. A NBR 7207/1982 inclui nesta classificação os pavimentos com paralelepípedos rejuntados com cimento.

#### **2.2.2.3 Pavimentos semi-rígidos**

São constituídos por camada de revestimento em concreto asfáltico assente sobre uma base de placa cimentada, como solo-cimento, solo-cal e brita graduada com cimento (GONÇALVES, 2007).

#### **2.2.2.4 Pavimentos compostos**

São aqueles constituídos por camada de revestimento em concreto asfáltico flexível assente sobre placa de cimento *portland* (GONÇALVES, 2007).

#### **2.2.2.5 Pavimentos invertidos**

São constituídos por uma sub-base cimentada, uma base granular e revestimento em concreto asfáltico.

### 2.2.2.6 Pavimentos intertravados

A camada de rolamento é formada por peças pré-moldadas de concreto, assentes sobre uma camada de areia e com as juntas entre as peças preenchidas com areia, formando um travamento entre elas. A camada de base recebe as tensões distribuídas pela camada de revestimento, sendo sua função a de resistir e distribuir os esforços ao subleito, resistindo a esforços que provoquem deformações permanentes e a conseqüente deterioração do pavimento (Muller<sup>1</sup> apud SCARANTO, 2007).

## 2.3 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

De acordo Gonçalves (2007) o termo ‘gerência de pavimentos’ pode ser entendido como a coordenação eficiente e integrada das várias atividades envolvidas na concepção, na construção e na manutenção dos pavimentos que fazem parte de uma infraestrutura viária, de modo a permitir que estes proporcionem condições aceitáveis para o usuário a um custo mínimo para a sociedade. E, um “sistema de gerência de pavimentos” (SGP) é um conjunto de ferramentas e métodos para auxiliar os que tomam decisões a encontrar estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos numa condição funcional aceitável durante um certo período de tempo.

Já, Hass e Hudson (1978) definem um sistema de gerência de pavimentos (SGP) como uma série de atividades integradas e coordenadas associadas ao planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisas sobre pavimentos.

Segundo Fernandes Junior (2001), um SGP visa à obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários. Devem ainda propiciar a melhoria das condições dos pavimentos e a redução dos custos de manutenção e restauração e dos custos operacionais dos veículos.

De acordo com Rodrigues (2007, p. 76) a finalidade básica de um SGP é auxiliar a organização responsável pela administração de uma rede viária a responder à seguinte questão: “sob certas restrições orçamentárias, quais as medidas de conservação e de restauração que deveriam ser executadas, bem como quando e onde, de modo a se preservar o patrimônio representado pela infraestrutura existente e se obter o máximo retorno possível dos

---

<sup>1</sup> MULLER, R. M. Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto. 2005. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2005.

investimentos a serem realizados? Além disso, qual parcela dos recursos disponíveis deveria ser alocada para novas pavimentações?”

Um SGP deve ser capaz de auxiliar a tomada de decisões por parte de usuários em diversos níveis dentro da organização. Segundo Gonçalves (2007), para a mais alta administração, o SGP deve responder às seguintes questões:

- 1) Qual será o padrão futuro da rede, em função dos recursos disponíveis para sua manutenção?
- 2) Qual é a estratégia de manutenção e de construção que resultará no máximo retorno para a sociedade dos investimentos a serem efetuados?

### **2.3.1 Finalidades de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP)**

Conforme Rodrigues (2007) os objetivos específicos de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) são:

- 1) Obter o melhor retorno para os recursos públicos disponíveis;
- 2) Assegurar um sistema de transporte que seja seguro, econômico e confortável;
- 3) Aumentar a eficiência do processo de tomada de decisões;
- 4) Fornecer um *feedback* acerca das conseqüências das decisões que são tomadas;
- 5) Assegurar consistência nas decisões, independentemente de onde elas são tomadas dentro da organização, ou independentemente de quem o faz;
- 6) Determinar a importância relativa de quaisquer fatores locais que possam contribuir para a deterioração dos pavimentos.

Um SGP é um meio de se organizar, coordenar e controlar todas as atividades que possam estar relacionadas à economia e ao desempenho dos pavimentos de uma rede. A prática da gerência de pavimentos, consiste no direcionamento eficiente e eficaz das diversas atividades envolvidas em se manter os pavimentos em uma condição aceitável para os usuários ao menor custo total para o transporte. Um Sistema de Gerência de Pavimentos estabelece a documentação de cada uma das atividades componentes, tornando-as formais, ao mesmo tempo em que elas são tratadas de forma coordenada e objetiva, existindo *feedback* entre elas.

### 2.3.2 Estrutura de um SGP

Bourahli (1997) afirma que um SGP pode ser classificado em função do seu objetivo maior, como um sistema em nível de rede, para fins de planejamento, ou um sistema em nível de projeto para definição das atividades de construção e manutenção. Também Gonçalves (2007) aponta que o sistema de gerência de pavimentos (SGP) opera em dois níveis fundamentais: em nível de rede e em nível de projeto (Figura 1)

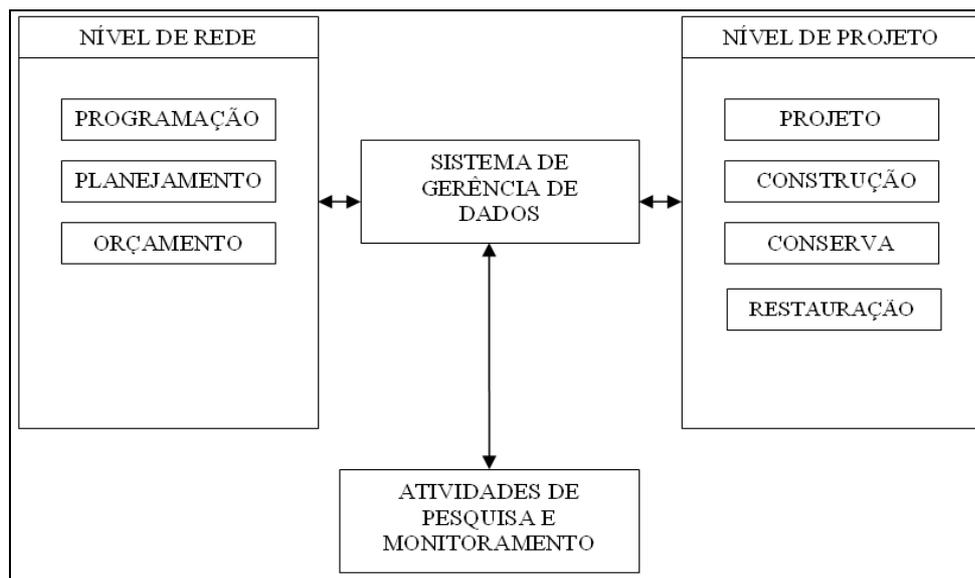


Figura 1 - Atividades de um sistema de gerência de pavimentos (Gonçalves, 2007, pág 58)

De acordo com Rodrigues (2007) dentro das atividades básicas de um SGP, o planejamento utiliza as informações em nível de rede no processo de estabelecimento de prioridades e no desenvolvimento de uma programação, com seu orçamento correspondente. A programação desenvolve os programas reais para novas construções ou para a restauração de pavimentos existentes, dentro das restrições orçamentárias e das recomendações da organização. O projeto converte cada projeto selecionado de um item programado para um conjunto de planos e especificações. A construção transforma o projeto de um pavimento novo ou restaurado em realidade. A conservação adequada e oportuna dos pavimentos ao longo de sua vida de projeto é essencial para a proteção do grande investimento representado pelo pavimento e para a preservação de um nível de serviço adequado para os usuários. As propriedades e a uniformidade dos materiais utilizados na construção, restauração e conservação constituem um aspecto de crucial importância para a qualidade e a economia de todo o processo. As condições ambientais, tais como umidade e temperatura, têm um efeito significativo no projeto e no desempenho dos pavimentos. Informações razoavelmente acuradas quanto às cargas do tráfego para os diversos segmentos são necessárias para se

avaliar adequadamente os pavimentos. Informações quanto à segurança e acidentes, na medida em que se relacionem à condição e ao desempenho dos pavimentos, são benéficas no processo de se determinar o que deveria ser feito e quando. A pesquisa deveria ser um processo contínuo na gerência de pavimentos, tanto para se aperfeiçoar o sistema como na procura de materiais e métodos melhores e mais eficazes.

No caso de uma rede viária urbana, ocorre uma fusão entre ambos os níveis, de modo que a medida de manutenção que é determinada para um certo segmento na análise econômica em nível de rede é implementada na prática, sendo raros os casos onde um projeto de restauração é efetuado antes da execução das obras.

O Subsistema de Planejamento, também denominado SGP em nível de rede, analisa a rede como um todo, de modo a:

- 1) Avaliar as conseqüências de diversas estratégias de alocação de recursos;
- 2) Analisar as implicações, em termos de custos de manutenção e de custos operacionais do transporte, de se dispor de diferentes níveis de restrições orçamentárias para os próximos anos;
- 3) A partir de restrições orçamentárias e operacionais conhecidas, priorizar as obras de construção e as intervenções de manutenção na rede, de modo a se obter o máximo retorno possível para esses investimentos.

Estas atividades são executadas com base em dados suficientemente simplificados e de levantamento expedito para que sejam disponíveis para toda a rede, de forma atualizada, a cada ano.

Ainda segundo Rodrigues (2007), o Subsistema de Projeto, também denominado SGP em nível de projeto, é o responsável pela execução de projetos executivos de engenharia para obras de restauração ou de construção de pavimentos. Tais projetos utilizam como restrição orçamentária o volume de recursos que foi alocado a cada obra específica pelo SGP em nível de rede. Sua finalidade básica é a de levar ao melhor aproveitamento possível dos recursos alocados para cada trecho. Para tanto, são levantados dados detalhados acerca da condição estrutural, funcional e de degradação dos pavimentos, bem como das características do tráfego atual e futuro e dos materiais de construção disponíveis, a fim de se tomar decisões com base em um diagnóstico suficientemente preciso dos problemas e do desempenho dos pavimentos. O resultado é a adoção de soluções técnicas que uniformizem o desempenho e maximizem a vida de serviço dos pavimentos restaurados.

Danieleski (2004) exemplifica: O SGP em desenvolvimento e implantação em Porto Alegre (GERPAV/POA) caracteriza-se por ser em nível de rede e é destinado ao planejamento das atividades de conservação e manutenção dos pavimentos da malha viária da cidade. Os principais objetivos a serem atendidos por este SGP estão descritos no Termo de Referência do Edital da Concorrência Pública Internacional nº 60/00 e são citados a seguir:

- 1) Cadastrar e manter atualizadas as informações referentes às características das vias;
- 2) Dimensionar em nível financeiro, temporal e técnico as intervenções necessárias com o estabelecimento da hierarquia viária e prioridade das mesmas, assim como adequar as diversas ações de conservação aos recursos financeiros disponíveis;
- 3) Municpiar a programação da atividade de conservação com as informações técnicas necessárias à tomada de decisão, de forma a garantir a manutenção do patrimônio público representado pelos pavimentos da cidade;
- 4) Fornecer relatórios sobre as atividades de manutenção, conservação e expansão da malha viária e seus pavimentos.

## 2.4 AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

### 2.4.1 Conceitos

Para se estabelecer um diagnóstico das condições de um pavimento é necessário que se faça uma avaliação em relação aos defeitos de superfície, conforto e segurança oferecida aos usuários da via, sua capacidade estrutural, resistência a derrapagem e a irregularidade longitudinal. Segundo Gonçalves (2007) a avaliação dos pavimentos é a primeira etapa do processo de seleção das intervenções numa determinada via. Compreende um conjunto de ações destinadas a obter dados e definir parâmetros que permitam diagnosticar as condições atuais de um pavimento, de modo a que se possa detectar suas necessidades atuais e futuras de manutenção e, verificar se ele está atendendo às especificações para as quais foi projetado.

Para se avaliar a condição de um pavimento e ter compreensão do nível com que ele atende às exigências para as quais foi concebido, Gonçalves (2007) ressalta que é preciso o entendimento de dois conceitos fundamentais estabelecidos neste processo:

- 1) Serventia: é o grau com que o pavimento atende aos requisitos de conforto ao rolamento e segurança, nas velocidades operacionais da via e num determinado momento de sua vida de serviço. No método da AASHTO (American Association of

State Highway and Transportation Officials) adota-se uma escala de 0 a 5 para quantificar o nível de serventia, com 5 indicando um pavimento “perfeito” e 0, um pavimento “impassável”. Este grau é avaliado subjetivamente, sendo denominado *Present Serviceability Rating* (PSR). Quando o PSR é calculado por meio de correlações com defeitos de superfície ou com irregularidade, é denominado *Present Serviceability Index* (PSI).

- 2) Desempenho: É a variação da serventia ao longo do tempo (Figura 2). Em algumas situações é conveniente quantificar o desempenho por meio da área sob a curva da variação do PSI ao longo do tempo. Em outras situações, principalmente em um SGP em nível de projeto, existe a preocupação adicional com relação ao desempenho estrutural, entendido como o tempo em que um pavimento resiste ao trincamento e ao acúmulo de deformações plásticas quando submetido a um certo tráfego.

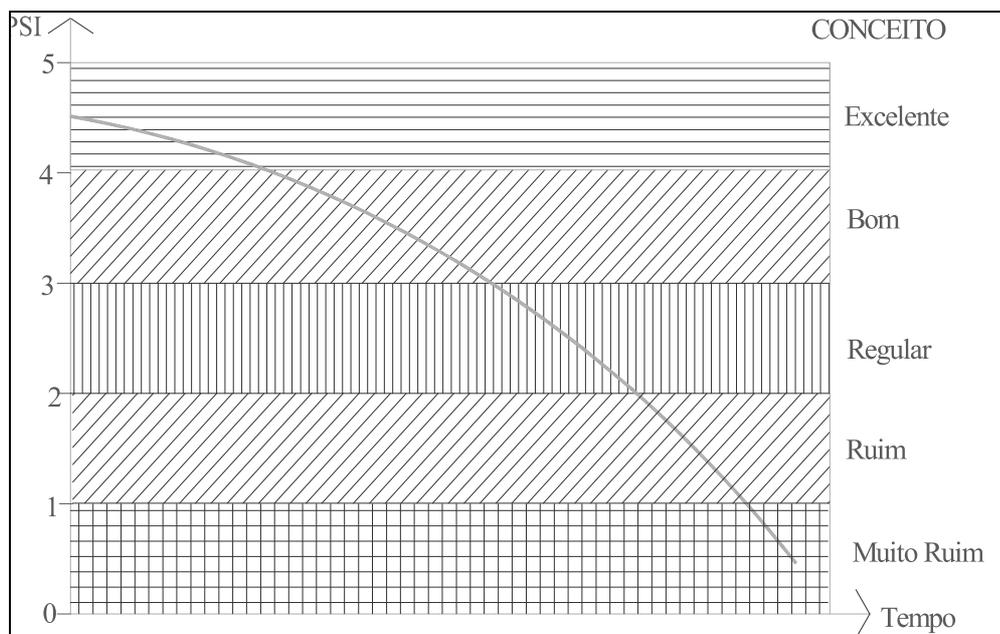


Figura 2 - Desempenho de um pavimento (GONÇALVES, 2007)

Conforme Hass e Hudson (1978) os dados levantados são utilizados para:

- 1) Verificar a condição com que os pavimentos estão atendendo as suas funções;
- 2) Determinar a condição atual da rede viária;
- 3) Elaborar curvas de previsão de desempenho a partir do conhecimento de uma série histórica de dados;
- 4) Planejar e programar futuras reabilitações necessárias;
- 5) Estabelecer prioridades na programação de investimentos sob uma condição de restrição orçamentária;

- 6) Melhorar a tecnologia de projeto, construção e manutenção dos pavimentos através da terminação e do acompanhamento da vida útil do pavimento;
- 7) Atualizar programas de melhorias em nível de rede.

Uma avaliação completa dos pavimentos compreende a análise dos aspectos que serão apresentados na seqüência.

#### **2.4.2 Avaliação dos defeitos de superfície**

Compreende a observação da superfície do pavimento, registrando os defeitos encontrados, quanto ao tipo, severidade e extensão dos mesmos. O analista deve ter um conhecimento amplo quanto a morfologia e origem dos defeitos e suas características.

Para a caracterização dos defeitos, segundo Rodrigues (2007) devem ser descritos os seguintes parâmetros:

- 1) Tipo de defeito: especifica o tipo da deterioração, caso de trincas (couro-de-crocodilo, isoladas, interligadas em padrão irregular, longitudinais, transversais, em bloco, dependendo da geometria e do mecanismo que deu origem a mesma), desgaste, exsudação, escorregamento de massa, erosão de bordo, bombeamento de finos, remendos e panelas, entre outros;
- 2) Severidade: representa a gravidade e intensidade com que o defeito afeta a estrutura do pavimento e/ou compromete seu desempenho. Usualmente, em diversas metodologias, a severidade é conceituada em três níveis: (1) aceitável/baixa; (2) tolerável/média; (3) inaceitável/alta;
- 3) Extensão: corresponde ao percentual de área afetada pelo defeito; também apresentada em três níveis: (A) alta (mais de 50% da área do segmento); (M) média (entre 10% e 50% da área do segmento); e (B) baixa (menos que 10% da área do segmento com o defeito).

##### **2.4.2.1 Avaliação da condição funcional**

Representa a forma com que o pavimento atende suas funções, em relação as necessidades do usuário de transitar pela via com conforto ao rolamento (relacionado com irregularidades na pista) e segurança (função da resistência a derrapagem, presença de panelas); também, segundo Rodrigues (2007) a condição funcional do pavimento afeta

diretamente o custo operacional do transporte (custo operacional do veículo, custo do tempo de viagem e o custo com acidentes).

#### **2.4.2.2 Avaliação da condição estrutural**

Corresponde a caracterização completa dos elementos e variáveis estruturais dos pavimentos que possibilite uma descrição do seu comportamento diante das cargas do tráfego e ambientais, de modo a possibilitar um julgamento concreto quanto a capacidade portante do pavimento existente em face das demandas futuras de tráfego (BALBO, 2007). A avaliação da condição estrutural indica como a condição funcional do pavimento evoluirá ao longo do tempo, tanto se nenhuma intervenção for imposta, como se forem implementadas ações de manutenção e restauração (RODRIGUES, 2007).

Uma avaliação confiável da condição estrutural de um pavimento é de fundamental importância para dar suporte às seguintes atividades:

- 1) Na elaboração de um diagnóstico referente aos problemas e do desempenho apresentado pelo pavimento, objetivando a adoção de medidas de manutenção/restauração que sejam eficazes do ponto de vista técnico e econômico, por demonstrarem os mecanismos que atuam na degradação do pavimento ao longo do tempo.
- 2) Na caracterização do pavimento através de um modelo estrutural que permita o cálculo das tensões e deformações provocadas pelas cargas do tráfego nas diversas camadas. Estas respostas da estrutura às cargas do tráfego são utilizadas tanto para estimar o tempo de vida restante do pavimento quanto para dimensionar a estrutura do pavimento restaurado.

A condição estrutural de um pavimento é composta pelos seguintes elementos:

##### **a) Integridade estrutural**

Está relacionada a ocorrência de discontinuidades, como trincas e desagregações na camada do revestimento. É medida por meio de avaliação visual, através do registro de sua extensão, frequência e severidade dos defeitos existentes na superfície do pavimento, podendo ser complementada com medidas de ensaios não destrutivos, que permitem, por exemplo, detectar a redução no módulo de elasticidade efetivo da camada de revestimento.

## **b) Capacidade estrutural**

Corresponde a capacidade que as camadas do pavimento têm de resistir aos efeitos deteriorantes que são produzidos pelo tráfego. Refere-se ao comportamento tensão-deformação das camadas (comportamento resiliente) como a resistência dos materiais contra o acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas e, a resistência ao trincamento por fadiga ou a afundamentos plásticos por acúmulo de deformação permanente em todas as camadas asfálticas cimentadas.

Segundo Rodrigues (2007) a condição estrutural pode ser avaliada de duas formas:

- 1) Avaliação destrutiva: consiste na abertura de furos de sondagem para a identificação da natureza e espessura das camadas do pavimento, além da coleta de amostras de materiais que serão ensaiados em laboratório. Ensaios “*in situ*” nas camadas de solos e de materiais granulares podem ser realizados, como CBR (*California Bearing Ratio*) “*in situ*” e determinação de umidade e densidade; os ensaios de laboratório abrangem desde os convencionais que permitem a caracterização geotécnica até ensaios especiais para a determinação de módulo de deformação resiliente. Este último traduz o comportamento tensão-deformação dos materiais quando submetidos a cargas transientes do tráfego.
- 2) Avaliação não-destrutiva: consiste na realização de provas de carga para medidas de parâmetros de resposta da estrutura às cargas de rodas em movimento. Os deslocamentos verticais de superfície (deflexões) são os parâmetros de resposta cuja medida é mais simples e confiável, em comparação com tensões ou deformações, esta é razão pela qual quase todos os equipamentos utilizados para ensaios não destrutivos são deflectômetros. A viga Benkelman, deflectômetro vibratório e o deflectômetro de impacto FWD (*Falling Weight Deflectometer*), são os equipamentos mais utilizados.

### **2.4.3 Deterioração dos pavimentos**

De acordo com DNER (1998) os pavimentos não são estruturas concebidas para durarem eternamente, mas sim por um período determinado de tempo chamado de ‘ciclo de vida’, mesmo durante este período a condição do pavimento sofre alteração, essa variação é conhecida como o desempenho do pavimento. Este fenômeno que rege a mudança da condição do pavimento, no caso um decréscimo da serventia é denominado de deterioração. O conhecimento dos mecanismos do processo de deterioração de um pavimento é fundamental

para identificação das causas que o levaram a condição atual, bem como para escolher a técnica mais adequada para sua reabilitação.

Para Fernandes Junior et al. (2006) todos os materiais utilizados em pavimentação apresentam alguma forma de deterioração, resultado das solicitações de tráfego ou condições climáticas. Esta deterioração não é linear, apresentando-se mais lenta no início da vida do pavimento e acelerando no final. Isto aponta para a existência de um momento “ideal” para uma intervenção de manutenção e reabilitação do pavimento, momento este que se obtêm o melhor resultado em decorrência de um determinado volume de recursos investidos, gerando uma melhor relação custo-benefício.

Determinar quando, onde e o que fazer requer uma série de estudos que são resultado de um plano administrativo chamado de gestão dos pavimentos, onde são fixadas estratégias de manutenção dos pavimentos.

No *AASHO Road Test* concluiu-se que a característica do pavimento que mais afetava a avaliação dos usuários (desempenho funcional) era a irregularidade longitudinal. A Norma DNER-PRO 164/94 define a irregularidade longitudinal como sendo o desvio da superfície da via em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade ao rolamento e as cargas dinâmicas sobre o pavimento. Ela pode ser medida direta ou indiretamente e está relacionada ao custo de operação dos veículos, o conforto, a segurança e ao custo de viagens. A reabilitação dos pavimentos deve ser aplicada quando forem detectados valores limites de serventia ou irregularidade, que podem ser fornecidos por análises de desempenho, através de avaliação direta, ou indireta que reproduzam a opinião dos usuários.

Um pavimento deve manter sua integridade estrutural, sem apresentar falhas significativas. O desempenho estrutural de um pavimento está associado com a preservação dos investimentos e deve-se considerar como o melhor momento para reabilitar o pavimento, aquele que conduza a um menor custo do ciclo de vida.

Gonçalves (2007) ressalta que é preciso considerar que quando um pavimento asfáltico permanecer por muito tempo trincado, a entrada de água pelas trincas enfraquece as camadas subjacentes (base, sub-base, subleito) acelerando o acúmulo de deformações plásticas e a formação de painéis, devido às cargas dinâmicas dos veículos.

Rodrigues (2007) destaca que para identificar os mecanismos que vêm interferindo no desempenho de um pavimento requer a ponderação relativa dos efeitos das duas fontes de solicitações mecânicas:

- 1) O clima, na forma da variação da temperatura e de umidade;
- 2) O tráfego, seja pela degradação estrutural gerada pelas tensões aplicadas pelos veículos de carga, seja pelo desgaste de superfície produzido pela passagem de todos os tipos de veículos.

Para contrapor-se e essas duas condições externas o pavimento deve apresentar condições intrínsecas, em especial as seguintes:

- 1) As propriedades dos materiais das camadas (natureza, compactação, aspectos construtivos);
- 2) As condições de drenagem do pavimento, superficiais e profundas;
- 3) A estrutura do pavimento existente.

É possível separar os defeitos dos pavimentos em três categorias e fazer uma síntese da correlação do defeito com os prováveis fatores causadores, conforme mostra o Quadro 2.

<b>Categoria do defeito</b>	<b>Causa genérica</b>	<b>Causa específica</b>
Trincamento	Associado com tráfego	Cargas repetidas (Fadiga) Carga excessiva Escorregamento de capa
	Não associada com tráfego	Mudanças de umidade Mudanças térmicas Retração (Propagação)
Deformação	Associada com tráfego	Carga excessiva (Cisalhamento) Fluência plástica Densificação (Compactação)
	Não associada com tráfego	Expansão Consolidação de substratos
Desagregação	Associada com tráfego	Degradação do agregado
	Não associada com tráfego	Falta de qualidade dos materiais

Quadro 2 - Categorias de defeitos nos pavimentos e sua correlação com os fatores causadores (DNER, 1998)

#### **2.4.3.1 Mecanismos do trincamento**

Segundo o DNER (1998) os revestimentos betuminosos tendem a trincar em algum momento de suas vidas, sob as ações combinadas do tráfego e das condições ambientais, por meio de um ou mais mecanismos. Uma vez iniciado, o trincamento tende a aumentar sua

extensão e severidade levando até a desintegração do revestimento. A velocidade de deterioração de um pavimento aumenta após o aparecimento de trincas, com grande impacto nas deformações e irregularidades. Por esse motivo o trincamento tem sido um critério importante para a deflagração de intervenções de manutenção ou restauração no pavimento.

Para Rodrigues (2007) as trincas em um pavimento podem ser descritas, de acordo com a sua geometria, como: longitudinal, transversal, interligadas (couro-de-crocodilo), e de bloco; de acordo com o mecanismo que as causou, tal como nos casos das trincas de escorregamento, de retração e de reflexão; e, em pelo menos um caso, o trincamento é descrito pela sua localização, como no das trincas de bordo. Os principais tipos de trincamento estão relacionados a seguir.

#### **a) Trincas por fadiga**

O efeito cumulativo de carregamentos sucessivos leva à fadiga dos materiais. Balbo (1997) considera que o fenômeno da fadiga nos materiais que constituem um pavimento está relacionado as sucessivas solicitações a níveis de tensão inferiores àqueles de ruptura; porém os materiais a elas submetidos desenvolvem alterações em sua estrutura interna, que resultam em perda de características estruturais internas originais, gerando um processo de microfratura, que culmina em fratura e, posteriormente o rompimento do material. As trincas se manifestam na superfície do pavimento, restando saber se o fenômeno atém-se ao revestimento, a base ou a ambas as camadas.

#### **b) Trincas por envelhecimento**

Segundo o DNER (1998) o ligante betuminoso perde seus elementos mais leves com a exposição ao ar e ao longo do tempo vai tornando-se mais frágil, perdendo as características de ductilidade. A trinca aparece quando o ligante betuminoso torna-se tão suscetível a fratura que não suporta mais as deformações oriundas das mudanças de temperatura que ocorrem ao longo do dia. A velocidade do processo do envelhecimento do asfalto da resistência à oxidação do ligante, da temperatura ambiente e da espessura do filme do ligante. Teores mais elevados de asfalto e baixa quantidade de vazios têm efeitos benéficos sobre a vida de uma mistura asfáltica.

A forma das trincas por envelhecimento, usualmente se apresentam de forma irregular com espaçamentos maiores que 50 cm, sobre a superfície do pavimento.

### **c) Trincas por reflexão**

As trincas por reflexão ocorrem quando existir um trincamento em uma camada inferior, esta se propaga em direção a superfície do revestimento; podem se apresentar em diversos formatos (longitudinal, irregular ou interligada)

Balbo (1997) diz que reflexão é gerada a partir da concentração de tensões no entorno da região ocupada pela trinca existente (aqui inclusas as juntas induzidas nas camadas subjacentes). Quando da solicitação por cargas as fibras inferiores da camada do revestimento trabalham à tração na flexão, a fissura no topo da camada inferior tende a se abrir, gerando uma descontinuidade na distribuição dos esforços. O esforço resultante nas fibras inferiores da camada de revestimento, nestes locais, é maior que a capacidade suporte, sujeitando este ponto a um processo de fratura induzida pela presença de trincas na camada inferior. A fissura, uma vez iniciada, apresenta um processo progressivo e ascendente até atingir a superfície do revestimento.

### **d) Outros tipos de trincamento**

Segundo o DNER (1998) o trincamento devido a variação da temperatura é resultante da retração térmica e da alta rigidez do ligante betuminoso, que ocorre quando a temperatura é reduzida drasticamente. As trincas se apresentam transversais e longitudinais. A retração térmica longitudinal da camada, especialmente em base cimentada, provoca aumento da abertura de fissuras ou ainda gerar novas fissuras transversais, devido a restrição do movimento longitudinal dessa placas em contato com as camadas inferiores.

#### **2.4.3.2 Mecanismos de deformações**

Os afundamentos nas trilhas de roda, deformações plásticas no revestimento e depressões, são deformações permanentes em pavimentos. Tais defeitos geram irregularidades longitudinais que afetam a dinâmica do tráfego, a qualidade ao rolamento, o custo operacional dos veículos e, devido ao acúmulo de água, riscos à segurança dos usuários. As causas destas deformações permanentes podem ou não estar associadas ao carregamento, conforme indicado no Quadro 3.

Causa geral	Causa específica	Exemplo de defeito
Associada com o carregamento	Carregamento concentrado ou em excesso	Fluência plástica (ruptura por cisalhamento)
	Carregamento de longa duração ou estático	Deformação ao longo do tempo (creep)
	Grande número de repetições de carga	Afundamento nas trilhas de roda
Não associada com o carregamento	Subleito constituído de solo expansivo	Inchamento ou empolamento
	Solos compressíveis na fundação do pavimento	Recalque diferencial

Quadro 3 - Resumo das causas e tipos de deformação permanente (DNER, 1998)

As deformações causadas pela ação do tráfego estão associadas a densificação e a fluência plástica das camadas constituintes do pavimento.

A densificação em pavimentos pode ser controlada através da compactação adequada no momento da construção do pavimento. Quanto mais compactado estiver um material, menos suscetível a absorção de água e maior a sua resistência ao cisalhamento. Quando a densificação é feita pelo tráfego, não há controle das cargas e das condições das camadas densificadas, tal situação implica numa redução do volume das camadas e uma simples aproximação das partículas do material, levando a degradação do mesmo. Ainda, segundo DNER (1998) a fluência plástica é um mecanismo que pressupõe a constância do volume e dá origem a esforços cisalhantes geradores de depressões e sollevamentos. Isso ocorre quando o carregamento aplicado ao pavimento é maior que a resistência típica do material, induzindo ao recalque.

Rodrigues (1997) destaca que desde a abertura do tráfego é normal, especialmente sob tráfego mais canalizado, ocorrer o afundamento em trilhas de roda, decorrentes da consolidação volumétrica e de deformações plásticas, geradas pelas tensões de cisalhamento em todas as camadas do pavimento. Logo nos primeiros anos de uso, o volume de vazios de ar da camada asfáltica de revestimento poderá cair nas trilhas de roda (por exemplo, de 7% para 4%), provocando um certo nível de afundamento em pavimentos rodoviários. A velocidade com que estes afundamentos ocorrem em um ano deve ser na ordem de 0,5mm/ano. Velocidade de afundamento superior a esta é considerada excessiva e deve merecer atenção quanto ao estudo das causas e medidas de correção a ser tomadas.

O Carregamento do tráfego causa deformação nas três situações, a seguir descritas:

- 1) Quando os esforços imputados aos materiais que constituem o pavimento superam numericamente o valor da resistência específica dos materiais quanto àquele tipo de

esforço, ocorrerá a ruptura por cisalhamento na camada dos materiais. Neste caso, poucas cargas concentradas ou pressões excessivas nos pneus podem causar tensões que excedam a resistência ao cisalhamento dos materiais e ainda causam fluência plástica, representada por afundamentos sob carga de roda e, solevamentos ao redor da área carregada. Segundo Baldo (1997) à medida que uma base granular vai sendo contaminada pela ação de finos transportados para o seu interior devido ao efeito de bombeamento, ou ainda quando ela é saturada, os finos ou a água agem como lubrificantes nas superfícies de contato entre os grãos, gerando uma substancial diminuição de sua resistência. Desta forma a ação de cargas anteriormente suportáveis, leva o material, em nova condição estrutural, à ruptura por perda de resistência.

- 2) Carregamentos estáticos ou de longa duração podem causar afundamentos em material viscoso, como é o caso das misturas asfálticas e alguns tipos de solo.
- 3) Também, cargas com pressões reduzidas, aplicadas com grande número de repetições, podem causar pequenas deformações que se acumuladas ao longo do tempo e se manifestam como afundamentos canalizados nas trilhas de roda. Com relação a este item, a que se considerar que o comportamento típico dos materiais de pavimentação, sobre tudo dos pavimentos flexíveis é de natureza elasto-plástica. Isto é, a cada aplicação de carga apresentarão um componente de deformação residual, que de forma cumulativa, no decorrer da vida de serviço de um pavimento geram as deformações permanentes, em especial em trilhas de roda. Esta condição de ruptura está associada ao desempenho funcional do pavimento, sendo mais notada onde há baixa resistência das camadas inferiores, ou ainda quando o fluxo de veículos comerciais é muito canalizado em faixas de rolamento bem definidas, muito percebido, inclusive em vias urbanas.

#### **2.4.3.3 Mecanismos da desagregação**

O DNER (1998) define a desagregação como a perda do agregado superficial devido a fratura mecânica do filme do ligante ou pela perda de adesão entre o ligante e o agregado, que na presença de água é também conhecido como arrancamento. A fratura mecânica do filme de ligante que envolve o agregado ocorre quando o ligante torna-se muito endurecido ou o filme muito esbelto, para fazer frente aos esforços gerados a área de contato pneu-pavimento. A desagregação ocorre quando a viscosidade do ligante baixa muito devido a evaporação do óleo mais leve do asfalto, o que pode ser decorrente do superaquecimento na

usinagem ou a oxidação durante longa exposição às ações ambientais. A ação do pneu sobre o pavimento retira o agregado pela combinação de esforços horizontais e de sucção da área de contato dos pneus. A desagregação dos pavimentos está mais associada a pressão de contato, tamanho e tipo do pneu do que propriamente ao peso por eixo dos veículos.

Segundo Rodrigues (2007) o asfalto passa por um processo de oxidação já durante a fase de mistura na usina. Essa oxidação é controlada através da temperatura e do tempo de mistura. Ao longo da vida de serviço, este processo continua, sendo mais intenso na superfície que no interior da camada, devido à maior presença de ar e à incidência da luz solar. Com isso, o revestimento apresenta uma fragilização gradual do componente asfáltico, que muda da coloração original preta para cinza claro e a maior facilidade de seu descolamento da superfície dos agregados, levando à exposição dos agregados graúdos na superfície. O revestimento torna-se então mais suscetível ao trincamento, à desagregação e à perda de sua textura superficial (desgaste) por abrasão do tráfego, reduzindo a resistência à derrapagem. Esta é posteriormente mais reduzida ainda à medida que o agregado exposto à abrasão do tráfego vai sendo gradualmente polido.

De acordo com Gonçalves (2007) quanto ao modo de desagregação superficial, têm-se dois processos fundamentais:

- 1) A desagregação da superfície, por meio do arrancamento de agregados;
- 2) A perda da macrotextura, por embutimento dos agregados ou por exsudação, e da microtextura, devido ao polimento por abrasão dos agregados.

É difícil a previsão da época de ocorrência dos fenômenos de desagregação, por dependerem da especificação dos materiais, da qualidade da construção e dos processos construtivos. Quanto a oxidação, ela é um processo termicamente ativado, quanto mais elevadas forem as temperaturas, mais rapidamente ocorrerá a oxidação; portanto, película mais espessas, que aumentem o caminho que o oxigênio deve percorrer por difusão, protegem o pavimento da oxidação, levando mais tempo para endurecer o ligante.

#### **2.4.4 Desempenho quanto à segurança**

A resistência à derrapagem e o potencial de hidroplanagem, são características relacionadas à segurança dos pavimentos e podem conduzir a recomendação de ações corretivas.

De acordo com DNER (1998) o potencial de hidroplanagem existe sempre que o filme de água sobre o revestimento do pavimento atingir uma espessura maior que 5 mm e a velocidade do veículo for igual ou maior que a obtida através da seguinte expressão:

$$v = 10 \cdot \sqrt{p} \quad (2)$$

Onde:

$v$  = velocidade do veículo e,

$p$  = pressão dos pneus

O afundamento em trilha de roda contribui para o fenômeno da hidroplanagem. Em via com seção transversal apresentando pequena declividade e quando a profundidade nas trilhas atingir 13 mm, cria-se condições de armazenamento de água suficiente para uma situação potencial de hidroplanagem.

Quanto a resistência a derrapagem entre a superfície do pavimento e um pneumático, está associada ao coeficiente de atrito e é uma grandeza que interfere diretamente na segurança dos usuários da via. A aderência transversal, associada ao coeficiente de atrito transversal está vinculada ao caso de derrapagens e da trajetória do veículo em curvas e, a aderência longitudinal depende do coeficiente de atrito longitudinal, estando vinculada ao caso da frenagem.

Todo pavimento asfáltico, a princípio, tem boas condições de aderência a u pneumático sobre uma superfície seca. Por isso, os ensaios constantes da literatura, que visam quantificar ou qualificar a resistência a derrapagem, o fazem na presença de água.

Para Rodrigues (2007) a principal finalidade de se controlar a resistência à derrapagem é a de procurar minimizar a possibilidade de ocorrência de acidentes, uma vez que sem uma resistência adequada o motorista irá encontrar dificuldade em manter o controle direcional ou capacidade de parada em uma superfície molhada.

Os fatores que interferem na aderência são de complexa definição, pois envolvem o condutor do veículo, o próprio veículo, o revestimento do pavimento e o ambiente, dentre os principais fatores citados por Rodrigues (2007) estão:

- 1) A espessura da lâmina d'água, como causa principal pela falta de aderência. Pode ser combatido pelo sulco da banda de rodagem do pneu e/ou pelo próprio revestimento,

em termos da macrotextura, abaulamento transversal e curta distância de escoamento de água;

- 2) O pneumático, em termos de tipo de superfície de contato com o revestimento;
- 3) O revestimento, cuja característica é de capital importância para o projetista conferir-lhe aspectos satisfatórios, já que sobre a chuva e os pneus não se pode ter muita interferência;
- 4) A velocidade, sobre pavimentos secos a aderência se dá mesmo a altas velocidades dos veículos, porém na presença de água há um decréscimo significativo da aderência, sobretudo no contato de superfícies pouco rugosas e pneus lisos;
- 5) O deslizamento está associado ao bloqueio total da roda, neste caso o deslizamento é maior que no caso da roda que além de deslizar permanecer com certo movimento angular;
- 6) Além destes, outros fatores externos que interferem na aderência, podemos citar a existência de óleo, o barro, a areia, material erodido ou depositado sobre o pavimento.

#### **2.4.5 Identificação dos defeitos de superfície**

Para Fernandes Junior et al. (2006) o reconhecimento do tipo de defeito, a quantificação de sua extensão e a identificação do nível de severidade, juntamente com a determinação das causas dos defeitos, são de vital importância para a seleção das estratégias de intervenção e definição das atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

Tal reconhecimento é feito através de coleta de dados no campo, que deve levar em conta os seguintes aspectos:

- 1) Identificar as seções que não necessitam de manutenção imediata;
- 2) Identificar as seções que requerem apenas manutenção de rotina;
- 3) Identificar e priorizar as seções que requerem manutenção preventiva;
- 4) Identificar as seções que necessitam de reabilitação.

Na fase de levantamento de dados no campo, avaliadores têm encontrado dificuldades relacionadas ao reconhecimento e a forma de medição dos defeitos. Vários manuais têm sido elaborados buscando estabelecer e uniformizar a nomenclatura, as definições, os conceitos e os métodos de medição dos defeitos de superfície observados nos pavimentos.

As formas de deterioração utilizadas nos estudos sobre o desempenho do pavimento a longo prazo<sup>2</sup>, do programa estratégico de pesquisa rodoviária (SHRP)<sup>3</sup> tem sido utilizadas largamente por diversos órgão de administração rodoviária para nortear seus levantamentos de campo. O Programa SHRP foi estabelecido pelo congresso dos Estados Unidos e conta com a participação de mais de 20 países, inclusive o Brasil, que desenvolvem pesquisas sobre pavimentação por um período de 20 anos (SHRP, 1993).

O manual do Programa de Pesquisa SHRP considera 15 defeitos em pavimentos flexíveis, identificando-os através de fotos e figuras. Apresenta, para cada tipo de defeito, a descrição, os níveis de severidade e a forma de medir a extensão, conforme apresentado no Quadro 4.

Defeito	Característica	Níveis de Severidade	Como Medir
1. Trincas por fadiga do revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego.</li> <li>Forma: couro de crocodilo ou tela de galinheiro.</li> <li>Espaçamento inferior a 30 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento.</li> <li>Média: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento.</li> <li>Alta: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidências de bombeamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar a área afetada (m<sup>2</sup>) para cada nível de severidade.</li> </ul>
2. Trincas em blocos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente regulares.</li> <li>Tamanho dos blocos: 0,1 a 10m<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: trincas com aberturas médias inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições.</li> <li>Média: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.</li> <li>Alta: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar a área afetada (m) para cada nível de severidade.</li> </ul>
3. Trincas nos bordos	<ul style="list-style-type: none"> <li>P/pavimento c/ acostamento não pavimentado.</li> <li>Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade do pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: sem perda do material ou despedaçamento.</li> <li>Média: perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada.</li> <li>Alta: perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar extensão afetada (m) para cada nível de severidade.</li> </ul>

Continua...

<sup>2</sup> LTPP (*Long Term Pavement Performance*)

<sup>3</sup> SHRP (*Strategic highway research Program- 1993*)

Continuação...			
4. Trincas longitudinais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições.</li> <li>Média: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.</li> <li>Alta: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm, mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar extensão (m) das trincas. Longit.; níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas).</li> <li>Registrar extensão com selante em boas condições.</li> </ul>
5. Trincas por reflexão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexão de trincas ou juntas de camadas inferiores.</li> <li>Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições.</li> <li>Média: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.</li> <li>Alta: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm, mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar, separado, trincas transversais e long.</li> <li>Registrar nº. de trincas transv.</li> <li>Registrar extensão das trincas; níveis de severidade.</li> <li>Registrar extensão com selante em boas condições.</li> </ul>
6. Trincas transversais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincas predominantemente perpendicular ao eixo</li> <li>Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições.</li> <li>Média: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.</li> <li>Alta: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm, mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar nº de trincas, extensão e nível de severidade correspondente.</li> <li>Registrar a extensão com selante em boas condições.</li> </ul>
7. Remendos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m<sup>2</sup>, removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial.</li> </ul>	Função de severidade dos defeitos apresentados pelo remendo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar nº. de remendos e área afetada (m<sup>2</sup>) para cada nível de severidade.</li> </ul>
8. Painelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buracos resultantes da desintegração localizada, sob a ação do tráfego em presença de água.</li> <li>Fragmentação, causada por trincas, por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa: profundidade menor que 25 mm.</li> <li>Média: profundidade entre 25 e 50 mm.</li> <li>Alta: profundidade maior que 50 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar nº. de painelas e área afetada por cada nível de severidade.</li> </ul>
9. Deformação permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar a máxima deformação permanente na trilha de roda</li> </ul>
Continua...			

Continuação...			
10. Corrugação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento.</li> <li>• Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associados ao efeito sobre a qualidade do rolamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar nº. de ocorrências na área afetada (m<sup>2</sup>).</li> </ul>
11. Exsudação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa: mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto.</li> <li>• Média: perda da textura superficial.</li> <li>• Alta: aparência brilhante; marcas de pneu evidentes em tempo quente; agregado cobertos pelo asfalto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar a área afetada (m<sup>2</sup>) para cada nível de severidade.</li> </ul>
12. Agregado polido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos.</li> <li>• Comprometimento da segurança: redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Níveis de polimento poder ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar a área afetada (m<sup>2</sup>).</li> </ul>
13. Desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados.</li> <li>• Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa: início do desgaste, com perda de agregados miúdos.</li> <li>• Média: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e alguns graúdos.</li> <li>• Alta: textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar a área afetada (m<sup>2</sup>) para cada nível de severidade.</li> </ul>
14. Desnível entre pista e acostamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão do acostamento não pavimentado; consolidação diferencial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituídos pelas medições do desnível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar o desnível (mm) a cada 15 m, ao longo da interface pista-acostamento.</li> </ul>
15. Bombeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saída de água pelos trincos do pavimento sob a ação das cargas do tráfego.</li> <li>• Identificado pela deposição à superfície, de material carreado das camadas inferiores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não aplicáveis, bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar nº. de ocorrências e a extensão afetada.</li> </ul>

Quadro 4 – Identificação de defeitos nos pavimentos (SHRP, 1993).

Salienta-se que estão elencados no Apêndice A os defeitos de superfície descritos e caracterizados por Gonçalves (2008), tornando a identificação dos defeitos padronizada especificando sua severidade, com a facilitação apresentada por relatório fotográfico.

#### 2.4.6 Metodologias para o levantamento de dados

As metodologias, segundo Danieleski (2004) para a avaliação dos defeitos de superfície diferem nos seguintes aspectos:

- 1) Forma de levantamento: manual, através de caminhamento no trecho (anotando os dados em planilhas para posterior processamento ou registrando-os em equipamentos eletrônicos) ou percorrendo o trecho com um veículo a baixa velocidade (10 a 30 km), neste caso registrando os defeitos através de filmes e analisando os dados em escritório, ou ainda com o uso de equipamentos específicos;
- 2) Extensão do levantamento: a avaliação pode ser feita por amostragem (recomenda-se no mínimo 10% da área total quando o estudo for destinado a gerência de pavimentos em nível de rede, observando-se as especificações da DNIT-PRO 007/2003, e 25% quando for para nível de projeto), ou na totalidade da malha viária em estudo;
- 3) Tipo do pavimento a que se destina o levantamento;
- 4) Tipos de defeitos considerados;
- 5) Modelo empregado para a determinação da condição do pavimento.

Já, o DNER (1998) preconiza que existem duas técnicas disponíveis para o levantamento da condição da superfície, sendo: levantamentos manuais (de alta e baixa velocidade do veículo), ou levantamentos automatizados.

#### **a) Os levantamentos manuais**

Os levantamentos manuais são realizados por um motorista e dois avaliadores em um veículo de passeio, andando a baixa velocidade pelo acostamento, podendo os avaliadores descer do carro para efetuar medidas físicas de alguns defeitos, tais como: flecha nas trilhas de roda e abertura de trincas ou mediar a extensão de um defeito.

A equipe de avaliação deve realizar o seguinte trabalho:

- 1) Examinar todas as faixas de tráfego;
- 2) Registrar as condições do pavimento a cada passo (20m, 50m ou 100m) em planilha padronizada;
- 3) Registrar a severidade e intensidade dos defeitos;
- 4) Observar nas planilhas todas as condições anormais encontradas na pista, tais como problemas com drenagem.

Os dados resultantes dos levantamentos das condições podem ser registrados por meio de diversos procedimentos, ou seja:

- 1) Os vários tipos de defeitos podem ser registrados em plantas, croquis do trecho analisado, com o nível de severidade do defeito encontrado;

- 2) Planilhas de informações desenvolvidas com o intuito de registrar os dados necessários a determinada intervenção.

A vantagem deste tipo de levantamento é que o inventário inicial necessário é relativamente pequeno. Já, as desvantagens encontradas são: a exigência de maior mão-de-obra; são lentas e, os dados podem variar de equipe para equipe em função da subjetividade das observações.

#### **b) Os levantamentos automatizados**

Consistem de utilização de aparelhos de vídeo-filmagem com câmeras de alta definição instalados na região frontal ou traseira de veículos, realizam levantamentos visuais contínuos dos defeitos que ocorrem na superfície do pavimento, depois as imagens são processadas e obtida a condição do pavimento. Alguns equipamentos atuais dispõem de sensores computadorizados que separam e codificam os tipos de defeitos, inclusive quanto à severidade e extensão, calculam índice de defeitos e efetuam o registro magnético das informações.

Estes dispositivos estão revolucionando a coleta de dados sobre as condições de superfície de pavimentos em países desenvolvidos, gerando os seguintes benefícios:

- 1) Redução no custo de mão-de-obra;
- 2) Maior velocidade na obtenção dos dados;
- 3) Maior segurança aos avaliadores;
- 4) Uniformidade das informações.

#### **2.4.7 Avaliação subjetiva dos pavimentos**

Para Fernandes Junior et al. (2006) as avaliações subjetivas fornecem o estado de deterioração do pavimento utilizando-se do conceito de *serventia*, apresentado por Carey e Irick (1960) quando do *AASHO Road Test*. A *serventia* é definida como a habilidade de uma seção de pavimento, à época da observação, de servir ao tráfego de automóveis e caminhões, com elevados volumes e altas velocidades. A capacidade de um pavimento servir satisfatoriamente ao tráfego durante um dado período é o seu desempenho, que pode ser interpretado como a variação da *serventia* com o tempo e/ou tráfego (Figura 3).

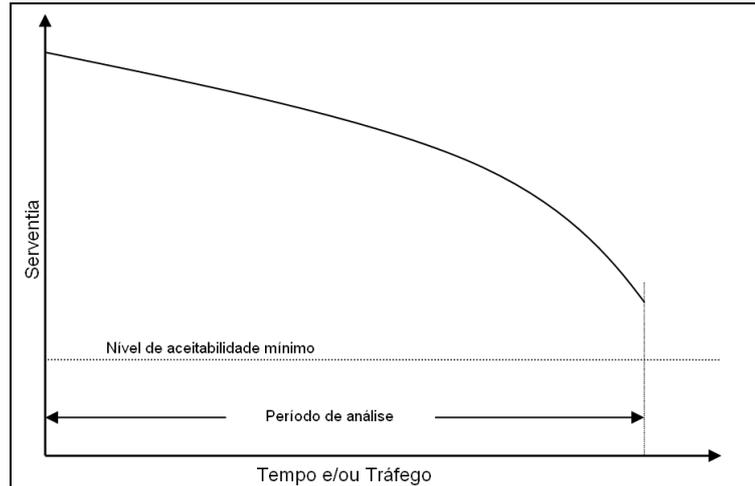


Figura 3 - Redução de serventia com tempo e/ou tráfego (HASS e HUDSON, 1978)

Carey e Irick (1960) consideraram as seguintes hipóteses:

- 1) O propósito principal de um pavimento é servir ao público que trafega sobre ele;
- 2) As opiniões dos usuários são subjetivas, mas se relacionam com algumas características dos pavimentos passíveis de serem medidas objetivamente;
- 3) A serventia de uma seção de rodovia pode ser expressa através de avaliações realizadas pelos usuários;
- 4) O desempenho de um pavimento é o histórico de sua serventia ao longo do tempo.

O método utilizado por Carey e Irick (1960) consiste, inicialmente, na composição de uma equipe de avaliadores que atribuem ‘notas’ ao pavimento. Cada avaliador utiliza uma ficha de avaliação (Figura 4) para cada seção, registrando seu parecer em uma escala de 0 (péssimo) a 5 (ótimo). A média aritmética dessas avaliações subjetivas de serventia é definida como Valor de Serventia Atual (VSA).

É aceitavel?		5	Muito Bom
Sim	<input type="checkbox"/>	4	Bom
Não	<input type="checkbox"/>	3	Regular
Indeciso	<input type="checkbox"/>	2	Ruim
		1	Muito Ruim
		0	
Identificação da Seção: _____		Nota: _____	
Avaliador: _____		Data: _____ Horas: _____	
Veículo: _____			

Figura 4 - Planilha para avaliação subjetiva (HASS e HUDSON, 1978 apud FERNANDES JUNIOR. et al., 2006).

Ainda segundo Fernandes Junior et al., (2006) em uma etapa seguinte, é feita a análise estatística para correlacionar o VSA com valores obtidos através de medidas físicas de defeitos do próprio pavimento (trincas, remendos, acúmulo de deformação permanente nas trilhas de roda, irregularidade longitudinal entre outros). A previsão do valor do VSA a partir dessas avaliações objetivas é definida como Índice de Serventia Atual (ISA).

A Norma DNIT 009/2003-PRO (Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – DNIT, 2003) estabelece os procedimentos para a obtenção do VSA em rodovias, como segue:

- 1) É formado de um grupo responsável pela determinação do Valor de Serventia Atual (VSA) constituído por 5 (cinco) membros perfeitamente conhecedores dos propósitos desta Norma;
- 2) Para esta verificação deve ser escolhidos cerca de dez trechos de pavimentos, cada um com comprimento aproximado de 600m, de aspecto bastante uniforme;
- 3) O início e o fim de cada trecho devem ser visivelmente demarcados na superfície do pavimento da rodovia;
- 4) Cada integrante do grupo deve atribuir subjetivamente o Valor da Serventia Atual a cada trecho, usando a ficha de avaliação padronizada (Figura 5);
- 5) A sensibilidade do grupo menor será considerada boa para avaliação, se as médias diferirem de, no máximo até 0,3.

Destacam-se a seguir as condições impostas para a avaliação do pavimento:

- 1) O trecho de pavimento deve ser avaliado determinando o Valor de Serventia Atual como se fosse para uma rodovia de tráfego intenso e constituído de veículos comerciais e de passageiros;
- 2) Cada avaliador deve considerar somente o estado atual da superfície de rolamento;
- 3) A avaliação deve ser feita sob condições climáticas totalmente favoráveis (sem chuva, nevoeiro, neblina entre outros);
- 4) Devem ser ignorados os aspectos do projeto geométrico (largura de faixas, traçado em planta, rampas entre outros), assim como a resistência à derrapagem do revestimento;
- 5) Devem ser considerados principalmente os buracos, saliências e as irregularidades transversais e longitudinais da superfície;
- 6) Devem ser desprezadas eventuais irregularidades causadas por recalques de bueiros e também depressões resultantes de recalque de aterros;

- 7) Cada trecho deve ser avaliado independentemente e não deve haver troca de informações entre os avaliadores.

O processo de avaliação deve ser independente de avaliador para avaliador, sendo a média das notas tomada como o valor da serventia atual do pavimento; para tanto, o parecer dos componentes do grupo deve ser registrado em escala de 0,0 a 5,0, indicando, respectivamente, pavimentos de ‘péssimo’ a ‘ótimo’. O avaliador deve utilizar uma ficha de avaliação para cada trecho de pavimento.

**Nota 1:** no preenchimento da ficha, o avaliador deve ter em mente os seguintes aspectos:

- 1) Como se portaria este trecho de pavimento, atendendo à finalidade para a qual foi construído, durante um período de 24 horas por dia, se ele estivesse localizado em uma rodovia principal?; Qual o conforto que este pavimento me proporcionaria se tivesse que utilizá-lo dirigindo um veículo durante 8 horas?; Como me sentiria dirigindo ao longo de 800 quilômetros sobre este pavimento?
- 2) Imediatamente após ter percorrido o trecho, o avaliador deve assinalar a nota dada ao pavimento, marcando-a na escala vertical em números decimais;
- 3) Cada trecho deve ser percorrido, sempre que possível, em uma direção, com a velocidade próxima do seu limite permitido.

**Nota 2:** os veículos utilizados na avaliação devem ser de passeio, do tipo médio-padrão dentre os fabricados no País.

**Nota 3:** na avaliação devem ser usados, no mínimo, dois veículos do mesmo tipo para que os avaliadores possam ser distribuídos de dois a três em cada veículo.

O resultado é obtido, para cada trecho separadamente, e são obtidos aplicando-se a seguinte fórmula:

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (3)$$

Onde:

VSA – Valor as Serventia atual;

X – Valor da serventia atual individual atribuído por cada elemento avaliador;

n – quantidade de elementos do grupo de avaliação.

VSA – Valor de Serventia Atual	5	ÓTIMO	Conceito
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
0			
Rodovia: _____			
_____			
Observações: _____			
_____			
Nº do Avaliador: _____			
_____			
Data: ____/____/____			

Figura 5 – Ficha de avaliação da serventia (DNIT 009/2003-PRO)

## 2.4.8 Avaliação objetiva dos pavimentos

Nos métodos de avaliação objetiva dos pavimentos o objetivo é estabelecer um índice numérico que retrate a condição do pavimento.

A seguir serão apresentados alguns métodos para avaliação superficial de pavimentos no âmbito de agências viárias, instituições de pesquisa e empresas do setor. No âmbito municipal, para aplicação em pavimentos urbanos, os métodos ainda estão muito aquém, sendo assim, são feitas adaptações das normas existentes e consagradas no meio rodoviário, buscando estabelecer procedimentos específicos para os pavimentos urbanos.

### 2.4.8.1 Método do IGG - Norma DNIT 006/2003-PRO

Esta Norma, fixa as condições exigíveis para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos rodoviários, dos tipos flexíveis e semi-rígidos, mediante a contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

É utilizado um aparelho chamado de treliça padronizada, conforme (Figura 6) que permite medir a flecha em trilhas de roda, em milímetros.

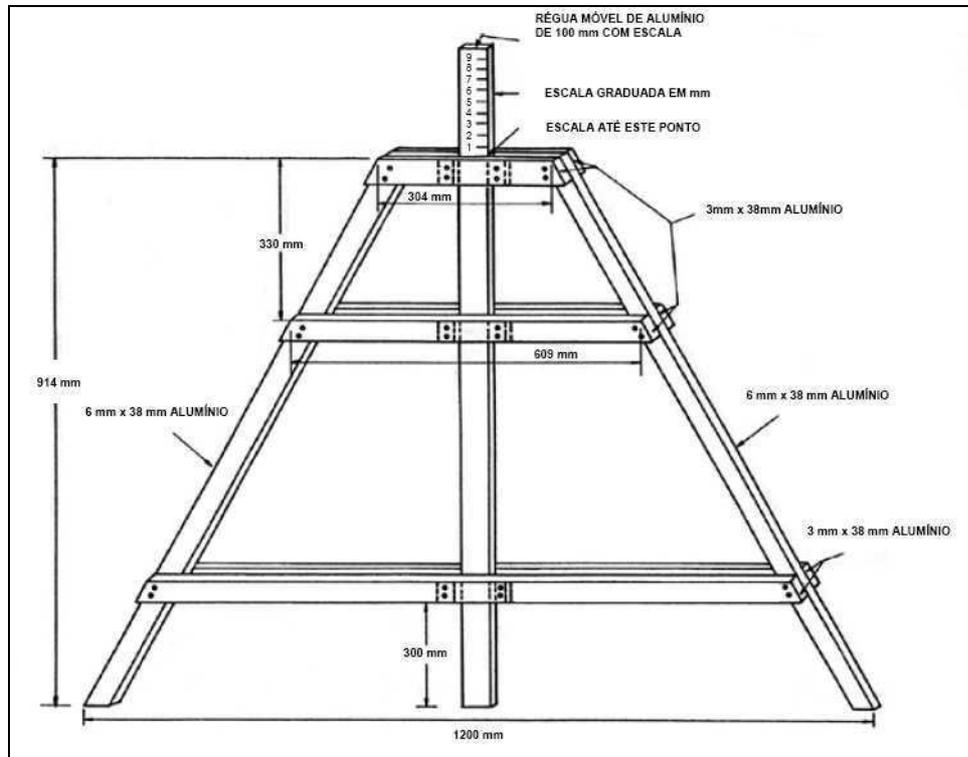


Figura 6 – Treliça para medição das flechas em trilha de roda (DNIT 006/2003-PRO)

A localização da superfície de avaliação (SA), em rodovias de pista simples, deve ser a cada 20m alternados em relação ao eixo da pista (Figura 7), a SA esta limitada pelas bordas da faixa de tráfego e pelas seções transversais situadas 3,0 m antes e 3,0 m depois da estação considerada. Para pista dupla, considerar as faixas de tráfego externas da via.

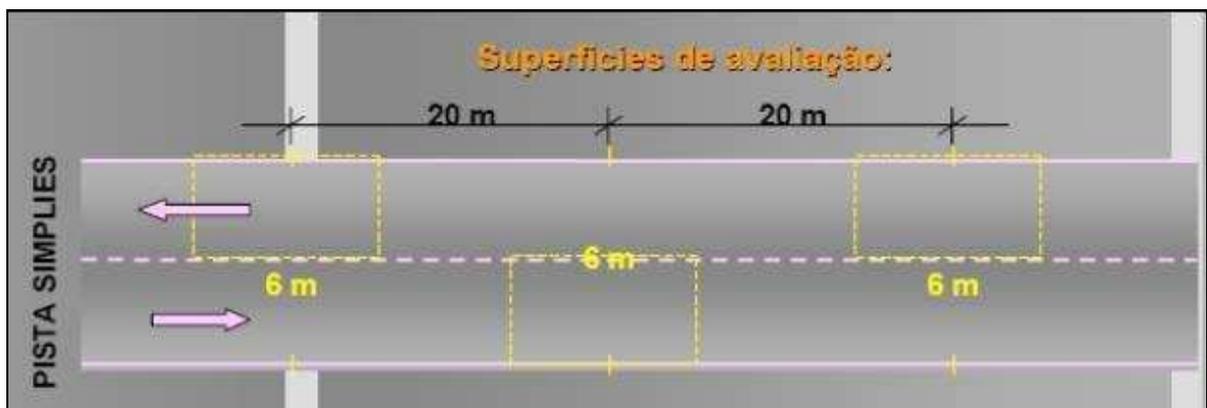


Figura 7 – Superfície de Avaliação (SA) em pista simples (GONÇALVES, 2005)

Em cada área demarcada deverá ser anotada a presença de qualquer ocorrência de defeito no pavimento.

A codificação e classificação dos defeitos está apresentada no Quadro 5 abaixo, conforme a Norma do DNIT 006/2003-PRO.

Fendas				Codificação	Classe Das Fendas		
<b>Fissuras</b>				FI	-	-	-
<b>Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Isoladas</b>	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	<b>Trincas Interligadas</b>	“crocodilo”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	CR	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	CRE	-	-	FC-3
<b>Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Isoladas</b>	Devido á retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	<b>Trincas Interligadas</b>	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
<b>Outros Defeitos</b>					<b>Codificação</b>		
<b>Afundamento</b>	<b>Plástico</b>	<b>Local</b>	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito		ALP		
		<b>da Trilha</b>	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito		ATP		
	<b>De Consolidação</b>	<b>Local</b>	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou subleito		ALC		
		<b>da Trilha</b>	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou subleito		ATC		
<b>Ondulação/Corrugação</b> – Ondulações transversais causadas por instabilidade de mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
<b>Escorregamento</b> (do revestimento betuminoso)					E		
<b>Exsudação</b> do ligante betuminoso no revestimento					EX		
<b>Desgaste</b> acentuado na superfície do revestimento					D		
<b>“Painéis”</b> ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
<b>Remendos</b>				<b>Remendo Superficial</b>		RS	
				<b>Remendo Profundo</b>		RP	

Quadro 5 – Codificação e classificação dos defeitos (DNIT 006/2003-PRO)

Deve-se anotar em ficha de levantamento de campo a frequência absoluta e a relativa de determinado defeito. Com efeito, a frequência absoluta é o número de vezes em que a ocorrência é verificada, já, a frequência relativa é calculada pela fórmula  $Fr = (Fa \times 100)/n$ , sendo  $Fr$  a frequência relativa;  $Fa$  a frequência absoluta e  $n$  o número de estações inventariadas. As flechas mediadas em trilhas de roda recebem um tratamento estatístico, detalhado na Norma DNIT 006/2003-PRO.

Para cada ocorrência inventariada calcula-se o Índice de Gravidade Individual (IGI), pela fórmula 4, abaixo:

$$IGI = Fr \times Fp \quad (4)$$

Onde:

$Fr$  – Frequência relativa;

$Fp$  – Fator de ponderação (Quadro 6)

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia”	Fator de Ponderação Fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (CR e TBE)	0,5
3	FC-3 (CRE e TBE) NOTA: Para efeito e ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1,2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em porcentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Quadro 6 – Valor do fator de ponderação, conforme o tipo do defeito

A somatória de todos os IGI (Índice de Gravidade Individual) corresponde ao IGG (Índice de Gravidade Global) e representa a condição do trecho homogêneo observado, assim:

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Com o objetivo de atribuir ao pavimento inventariado um conceito que retrate o grau de degradação atingido (Quadro 7), com os respectivos limites entre um conceito e outro.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 70$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG < 160$

Quadro 7 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

#### 2.4.8.2 Método PCI (*Pavement Condition Index*)

Este método é originário de um estudo desenvolvido por Shain, M.Y, publicado em 1979 pelo Corpo de engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), inicialmente concebido para pavimentos de aeroporto, posteriormente foi adaptado para rodovias, ruas e estacionamentos, com base na validação de campo e informações dos engenheiros do USACE.

Conforme Shain e Khon<sup>4</sup> (apud APS et al., 1998) o objetivo principal do método é obter um índice numérico para qualificar a condição do pavimento (PCI), que retrate a condição do pavimento, fornecendo um padrão para:

- 1) Classificar a integridade estrutural e a condição operacional da superfície dos pavimentos;
- 2) Determinar as necessidades de manutenção;
- 3) Determinar necessidades de reabilitação e prioridades, por meio de comparação do estado de diferentes trechos de pavimento;
- 4) Prevê o desempenho do pavimento por meio de determinação própria do PCI.

O método de determinação do PCI estabelece as seguintes etapas:

Seleciona-se uma área de amostra com aproximadamente 225 m<sup>2</sup>, a fim de identificar e anotar em planilha própria, os tipos, as quantidades (em % da área afetada) e severidade (alta, média, baixa) de cada defeito. A seguir apresentam-se os defeitos e a forma de medição considerada no método (Quadro 8):

Defeito	Forma de Medição	Defeito	Forma de Medição
Couro de Crocodilo	Área	Remendos	Área
Exsudação	Área	Agregado polido	Área
Fissura em blocos	Área	Panelas	Unidade
Elevações/recalques	Metro linear	Cruzamento ferroviário	Área
Corrugação	Área	Afundamento de trilha de roda	Área
Afundamento localizado	Área	Escorregamento de massa	Área
Fissura de borda	Metro linear	Fissuras devido ao escorregamento de massa	Área
Fissuras por reflexão de juntas	Metro linear	Inchamento	Área
Desnível pavimento/acostamento	Metro linear	Desgaste	Área
Fissura longitudinal e transversal	Metro linear		

Quadro 8 – Defeitos de pavimentos asfálticos e forma de medição (APS et al., 1998)

O valor do PCI é calculado pela fórmula 6 abaixo:

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_i, S_j, D_{ij}) \cdot F(t, q) \quad (6)$$

Onde:

p = número total de tipos de defeitos, para o pavimento analisado;

i = contador do tipo de defeitos;

mi = número de níveis de severidade para i-ésimo tipo de defeito;

j = contador dos níveis de severidade;

<sup>4</sup> SHAIN, M.Y.; KHON, S. D. Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lot. Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268, U.S. Army, 1979, v. 2.

$a$  ( ) = valor de dedução;

$F(t,q)$  = função de ajuste para defeitos múltiplos que varia com a soma dos valores de dedução e o número de deduções;

$T_i$  = Tipos de defeitos;

$S_j$  = níveis de severidade;

$D_{ij}$  = densidade.

Os valores de dedução ( $a$ ) são determinados em função do tipo de defeito, severidade e extensão do defeito e, representam a influência que um dado defeito apresenta sobre a condição estrutural superficial do pavimento. Estes valores variam de 0 a 100, sendo que o valor 0 indica que o defeito, como se apresenta, não tem nenhum impacto sobre a condição do pavimento, já o valor 100 representa que o defeito é muito prejudicial à condição do pavimento. As Figuras 1 a 24 do Anexo 4, apresentam as curvas de dedução extraídas de Shahin (2005), onde o valor da dedução é obtido a partir da definição da extensão e da severidade do defeito.

Após a obtenção do Valor Total de Dedução (TDV), este deve ser corrigido em função da quantidade de defeitos encontrados no trecho considerado e, assim obtêm-se o Valor da Dedução Corrigido (CDV) (Figura 25, Anexo 4), tem-se, portanto, o valor do PCI resultante da fórmula 7 abaixo:

$$PCI = 100 - CDV \quad (7)$$

Os defeitos identificados no campo, e anotados em planilha (Anexo 2) são transportados para planilha de cálculo (Anexo 3) para a obtenção do valor do PCI do trecho.

Em função do valor obtido para o PCI no trecho considerado, o pavimento é classificado de acordo com a tabela abaixo, variando o seu valor de 0 (péssimo) a 100 (excelente), conforme representado na Figura 8.

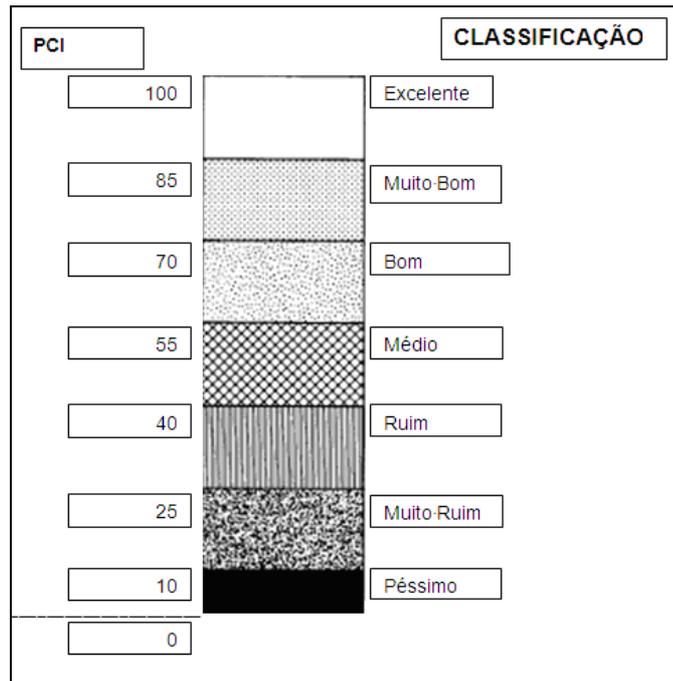


Figura 8 – Valores limites de PCI que definem as faixas de classificação (METROPOLITAN TRANSPORTATION COMMISSION, 1993)

#### 2.4.8.3 Método do Índice de Serventia Urbano (ISU)

Este método foi desenvolvido por Villibor et al. (2009) baseado no fato de que tradicionalmente, na maioria das vezes as vias urbanas são projetadas, construídas e restauradas com procedimentos e técnicas adotadas para rodovias, que apresentam tráfego contínuo de veículos e altas velocidades. No caso de vias urbanas os tráfegos operam em baixas velocidades, em fluxo descontínuo, devido principalmente as seguintes características: geometria irregular, semáforos, intersecções não semaforizadas, interferência de serviços públicos, entre outros. Com isso, é fundamental um estudo criterioso e alternativo para a gestão de vias urbanas, adotando-se uma política de manutenção preventiva, ao invés dos transtornos de manutenções corretivas e restaurações, duvidosas quanto aos efeitos técnicos e econômicos por elas produzidos.

Segundo Villibor et al. (2009) se aplicássemos métodos já conhecidos, tais como o PSI (*Present Serviceability Index*) teríamos que reconstruir praticamente toda a malha viária das cidades de grande e médio porte, devido aos baixos índices de serventia encontrados em função da constatação de elevados valores de irregularidade longitudinal presente nas vias urbanas. Villibor et al., (2009) pondera que a adoção destes métodos é inconcebível do ponto de vista prático, econômico e técnico, mesmo porque os pavimentos encontram-se atendendo aos usuários, mesmo que em muitos casos com certo desconforto. Em função disto, os

pavimentos urbanos necessitam um tratamento diferenciado de gestão e indica uma metodologia simplificada para o levantamento dos defeitos de superfície, devido aos seguintes fatores:

- 1) Problemas relacionados ao treinamento do pessoal, para o caso de ser adotada uma metodologia complexa, levando à subjetividade quando da avaliação dos defeitos superficiais e,
- 2) Custos elevados, quando do emprego de uma metodologia complexa.

A catalogação e a padronização dos defeitos típicos de pavimentos urbanos, além da padronização dos inventários de levantamento de superfície, é o primeiro passo para a implantação de um plano de gestão de manutenção viária.

Com vistas à catalogação dos defeitos em pavimentos urbanos foram realizadas avaliações amostrais nas diversas regionais da cidade de São Paulo, obtendo-se a seguinte resultado: trincas de diversos graus de severidade, remendos mal executados, painéis e ondulações, entre outros.

A seguir apresenta-se o procedimento para a obtenção do Índice de Serventia Urbano (ISU):

a) separam-se os defeitos em três categorias, em função da tipologia, morfologia e efeitos produzidos sobre o usuário:

- 1) Remendos;
- 2) Painéis/ondulações;
- 3) Trincamento.

b) separa-se a área de incidência os defeitos em três categorias (Quadro 9):

<b>Categoria</b>	<b>Área de Incidência</b>
A1 (Baixa)	$\leq 10\%$
A2 (Média)	10 A 50%
A3 (Alta)	$\geq 50\%$

Quadro 9 – Categoria em função da área de incidência dos defeitos

c) separa-se a severidade do defeito em três categorias (Quadro 10):

<b>Categoria</b>	<b>Severidade (S)</b>
S1	Baixa
S2	Média
S3	Alta

Quadro 10 – Categoria em função da severidade dos defeitos

d) com os dados levantados do tipo de defeito, a incidência (extensão) e a severidade dos mesmos, elabora-se uma matriz onde os valores correspondem ao produto da

severidade (S) pela área de incidência (extensão) (A), que exprimem o grau de deterioração (G) do pavimento (Quadro 11):

Área de Incidência Severidade	$A1 \leq 10\%$	$10\% < A2 < 50\%$	$A3 \geq 50\%$
S1	1	2	3
S2	2	4	6
S3	3	6	9

Quadro 11 – Matriz do produto da severidade pela área de incidência

O grau de deterioração por si só não define a condição do pavimento, visto que cada tipo de defeito representa uma condição peculiar quanto a degradação do pavimento e ao desconforto dos usuários. Por conseguinte, faz-se necessário ponderar os diferentes tipos de defeitos, aonde defeitos com pequenas influência para o bom desempenho funcional da via, apresentam fatores de ponderação menores que os defeitos que provocam alto risco e desconforto.

Assim, o Quadro 12 apresenta os fatores de ponderação para os diversos tipos de defeitos.

Tipos de Defeitos	Fator de Ponderação (F)
Remendos	3
Panelas/Ondulações	2
Trincamento	5

Quadro 12 – Fatores de ponderação (F) em função dos tipos de defeitos

e) o valor resultante da somatória dos diversos defeitos ponderados é denominado de Índice de Serventia Urbano (ISU) e, é calculado pela fórmula 8 a seguir:

$$ISU = 100 - [(100/90) \times (Gr \times Fr + Gt \times Ft + Gp \times Fp)] \quad (8)$$

Onde:

$Gr$ ,  $Gt$  e  $Gp$  = Grau de deterioração para : remendos, trincas e panelas, respectivamente;

$Fr$ ,  $Ft$  e  $Fp$  = Fator de ponderação para: remendos, trincas e panelas, respectivamente.

A conceituação da seção do pavimento analisada obedece intervalos de valores do Índice de Serventia Urbano (ISU) e representa a condição do pavimento (Quadro 13).

ISU	Condição do Pavimento
0 à 30	Péssimo
30 à 45	Ruim
45 à 70	Regular
70 à 80	Bom
80 à 100	Muito Bom

Quadro 13 - Intervalos para o ISU e respectivas condições de pavimento

## 2.5 DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

De acordo com Gonçalves (2007) um diagnóstico da condição do pavimento deve esclarecer os mecanismos por meio dos quais a sua deterioração vem se processando ao longo do tempo, com o objetivo de dar suporte aos que tomam decisões, selecionar as medidas de manutenção capazes de não apenas solucionar as deficiências funcionais, mas também de representarem um investimento economicamente eficaz, o que será função do desempenho que o pavimento restaurado irá apresentar. O diagnóstico deve ser elaborado levando-se em conta todas as informações levantadas e os resultados das avaliações realizadas no pavimento, além disso, exige dos profissionais um elevado grau de experiência e conhecimento dos principais agentes que atuam na degradação apresentada na estrutura do pavimento. Analisando os resultados obtidos na avaliação do pavimento, conhecendo-se os mecanismos de degradação e o controle sobre estes, os profissionais podem realizar inferências coerentes que conduzam a identificação das reais necessidades de manutenção e do nível de serventia com que o pavimento está atendendo às exigências para as quais foi concebido. A avaliação dos pavimentos remete ao estabelecimento de um índice da condição atual e por conseguinte o desempenho com que o pavimento atende as suas funções.

De posse deste diagnóstico, os responsáveis pela gestão dos pavimentos estão preparados para responder as seguintes questões:

Em função de um orçamento pré-determinado, qual a prioridade de utilização dos recursos? A priorização pode estar relacionada ao tipo de defeito e ao grau de severidade, ou ao índice de condição do pavimento ou, ainda ao volume de tráfego das diferentes vias;

Qual a melhor alternativa? Também relacionada ao tipo de defeito e ao grau de severidade, ou ao índice de condição do pavimento ou, ainda ao volume de tráfego da via;

Onde deve ser implantada? Relacionada a priorização;

Quando e de que maneira deve ser implementada?

Segundo (Rodrigues, 1996) para um diagnóstico confiável devem-se levar em conta os seguintes aspectos:

- 1) Deve ser avaliada a relação entre o desempenho apresentado pelo pavimento e o tráfego atuante;

- 2) As medidas de conservação e reabilitação de um pavimento estão diretamente relacionadas com os resultados obtidos no levantamento de defeitos da superfície do pavimento.
- 3) Para se determinar a velocidade da deterioração de um pavimento é necessário conhecer a condição estrutural deste pavimento;

## 2.6 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS

### 2.6.1 Definição de estratégias de manutenção

Baldo (1997) afirma ser evidente que os serviços de manutenção são indispensáveis para a redução dos custos operacionais dos veículos, para a segurança e conforto dos usuários, para preservação de padrão estético numa via urbana, etc..mais ainda, é necessário que a manutenção de pavimentos seja realizada de forma planejada, programada e sistemática, o que é convencionalmente chamado de gerência ou gestão de manutenção.

Segundo Rodrigues (2007) todos os materiais utilizados em pavimentação sofrem um processo gradual de deterioração de seus componentes físicos, resultando em redução de sua serventia ao longo do tempo. Este processo é devido à ação repetida das cargas do tráfego, das intempéries e pelas alterações físicas e químicas naturais dos materiais.

A velocidade de deterioração nos pavimentos tende ser maior do que na maioria das estruturas, devido sua grande exposição aos agentes climáticos e ao modo pelo qual ele é utilizado pelas cargas do tráfego. A melhor ou pior condição apresentada por um pavimento afeta não apenas os custos diretamente envolvidos com a pavimentação, mas também todos os custos envolvidos no custo total do transporte. Portanto, a manutenção do pavimento deve ser feita no momento certo e utilizando técnicas adequadas. Caso a degradação ultrapassar um determinado nível crítico de extensão e severidade, somente a reconstrução poderá ser a medida aplicável havendo grande perda econômica. A eficácia da aplicação de determinada medida de manutenção depende do grau de deterioração da estrutura.

De acordo com Gonçalves (2007) a manutenção de um pavimento compreende todas as intervenções que afetem, direta ou indiretamente, o nível de serventia atual e/ou o desempenho futuro do pavimento.

Segundo Fernandes Junior et al. (2006) todos os materiais utilizados em pavimentação apresentam alguma forma de deterioração, resultado das solicitações de tráfego

e das condições climáticas (temperatura e teor de umidade) a que são submetidos. Os pavimentos deterioram-se mais lentamente nos anos iniciais, mas à medida que se aproximam do final de sua vida em serviço, a taxa de deterioração aumenta.

Para corrigir os defeitos, proteger os investimentos e proporcionar aos usuários uma superfície de rolamento confortável, segura e econômica, são realizadas as atividades de manutenção e reabilitação (M&R). Existe estreita relação entre o desempenho dos pavimentos, as estratégias de intervenção, as datas de realização das atividades de manutenção e reabilitação e os custos.

Conforme exemplificado na Figura 9, atrasos nas atividades de manutenção e reabilitação quase sempre resultam em gastos adicionais, pois as estruturas dos pavimentos sofrem deterioração acelerada à medida em que ocorrem os adiamentos das intervenções. A gerência de pavimentos visa minimizar esse problema, integrando a avaliação dos pavimentos com a definição das atividades de manutenção e reabilitação.

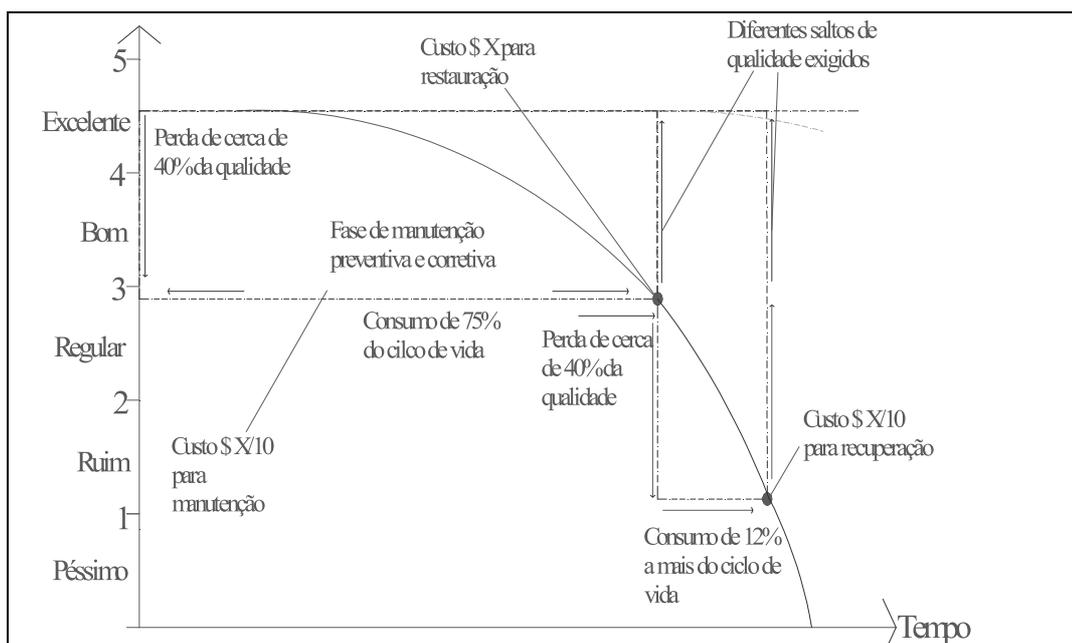


Figura 9 – Variação da serventia no tempo (desempenho/custo do pavimento) (BALBO, 2007)

Existem diferenças entre as atividades de manutenção e as atividades de reabilitação de pavimentos. A manutenção tem por objetivo preservar ou manter o período de projeto do pavimento, aumentando pouco o nível de serventia, porém evitando a deterioração precoce. A reabilitação, por sua vez, tem o propósito de prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando o nível de serventia próximo ao valor máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração.

## 2.6.2 Seleção de atividades de manutenção e reabilitação

As atividades de manutenção podem ser divididas em duas categorias: preventivas e corretivas. A manutenção preventiva consiste no grupo de atividades realizadas para proteger o pavimento e reduzir a sua taxa de deterioração, enquanto a manutenção corretiva tem como objetivo eliminar um determinado tipo de defeito e suas conseqüências sobre o desempenho do pavimento. Deve-se destacar que algumas atividades servem às duas categorias (Quadro 14).

<b>Tipos de Intervenção</b>	<b>Definição</b>
Manutenção de Rotina	Reparos localizados em pavimentos: limpeza, remoção de detritos, terra ou neve.
Manutenção Periódica	Atividades relacionadas ao melhoramento de condições superficiais com vistas à preservação da integridade estrutural e da qualidade de rolamento (com uso de reforços esbeltos em concreto asfáltico, tratamento superficial, remendos, lama asfáltica ou ainda banhos selantes).
Reabilitação	Reparos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização com a finalidade de restaurar a capacidade estrutural do pavimento ou a qualidade de rolamento.
Reconstrução	Renovação da estrutura do pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que resulta na impossibilidade de reabilitar o pavimento.
Restauração	Quando para um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente.
Melhoramento	Quando além de atividades relacionadas às anteriores são presentes, o projeto contempla também serviços de duplicação, melhorias de traçado, ampliação, etc, exigindo a construção de novos pavimentos.

Quadro 14 – Classificação dos serviços de manutenção pelo Banco Mundial (BALDO, 1997)

Embora as atividades de manutenção ajudem a prolongar a vida em serviço, os pavimentos precisam, mais cedo ou mais tarde, de atividades de reabilitação. Quando o período de projeto é excedido, seja na idade ou no número de repetições das solicitações do tráfego, há necessidade de atividades de reabilitação, que consistem de trabalhos mais efetivos, visando à recuperação, o reforço ou a adaptação de pavimentos deficientes.

A partir do diagnóstico e identificação das necessidades atuais de manutenção são elencados tipos de intervenções apropriadas para corrigir as deficiências, tanto funcionais como estruturais que estejam presentes no pavimento. A seguir são listadas algumas destas intervenções e suas características principais:

### a) Manutenção de Rotina:

Como definido no Quadro 14, a manutenção de rotina refere-se a reparos de pequena monta localizados, limpeza, remoção de detritos e terra para evitar assoreamento de

dispositivos de drenagem prevenindo-se causas em potencial de danos aos pavimentos e/ou acidentes.

b) Manutenção periódica:

Remendo superficial: Segundo Gonçalves (2007), este tipo de remendo consiste na retirada e recomposição de uma ou mais camadas asfálticas que fazem parte do revestimento; aplicável quando defeito se restringe a camada do revestimento, tais como: trincamento prematuro por fadiga, instabilidade da mistura, arrancamento localizado de agregados. É um serviço de manutenção muito recomendado, pois evita a propagação de panelas que comprometem muito a segurança e o conforto ao rolamento, além de permitir a entrada de água enfraquecendo a estrutura do pavimento (FERNANDES, JR., 2006), apresenta custo reduzido, comparado a outras intervenções, se for adotado no começo do processo.

Remendo Profundo: Quando defeitos de trincamento excessivo, afundamento plásticos severos tiverem origem em camadas subjacentes ao revestimento, ou as camadas subjacentes estão sendo afetadas por problemas de drenagem, executa-se o remendo profundo (Gonçalves, 2007). Também aplicado em panelas de média e alta severidade, quando o material de base, sub-base ou do subleito estiverem desagregando-se. O material da área afetada é retirado através de corte vertical a disco, retirando-se as camadas danificadas e recompondo as mesmas com compactação tanto quanto possível igual ao pavimento que circunda o remendo.

Selagem de trincas: A selagem de trincas tem por objetivo impedir a penetração de água nas camadas de pavimento. Consiste no enchimento de trincas e fissuras com materiais como cimento asfáltico, asfalto diluído, emulsões ou selantes especiais (DNIT - Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, 2005). Aplicável em trincas recuperáveis com simples serviço de reparação, notadamente juntas longitudinais de pavimentação entre pista e acostamento, juntas longitudinais entre as faixas de tráfego e todas as trincas no revestimento. Nas trincas de fadiga tipo couro de crocodilo ou trincas em bloco a selagem de trincas é ineficiente, pois este tipo de defeito indica a ruptura estrutural que deve ser corrigida com outras intervenções.

De acordo com *Guidelines for Sealing and Filling Cracks in Asphalt Concrete Pavement* (2003), a eficácia do tratamento por selagem de trincas depende de três fatores: condição do pavimento, seleção do produto e aplicação do produto.

1. A selagem de trincas é um método de manutenção preventiva que se aplica somente aos pavimentos que possuem:

- resistência suficiente para atender as necessidades atuais e futuras;
- mostrar baixa degradação do pavimento. A degradação do pavimento é avaliada em função da condição do pavimento (PCI), que é calculado em função da gravidade e densidade dos defeitos do pavimento.

A selagem de trincas é indicada para pavimentos com  $PCI > 75$ , onde normalmente as trincas de apresentam tanto longitudinais como transversais, com largura leve ou moderada e a densidade é intermitente. Trincas com mais de 20 mm são inadequadas para a selagem, não importando sua densidade, sendo necessário um tratamento de reabilitação.

2. A seleção do produto é feita com testes a campo, onde o desempenho, que não é linear ao longo do tempo, é avaliado em um período de um a dois anos. O betume, com materiais termoplásticos, pode ser aplicado a  $175^{\circ}\text{C}$  à  $200^{\circ}\text{C}$ .

3. A aplicação do selante é afetada pela temperatura e pela umidade do ar. No inverno as fendas são maiores em função da contração das placas do pavimento, porém as condições climáticas não favorecem a aplicação; já no verão as condições são as melhores, porém as fendas são diminuídas em função da expansão das placas do pavimento, o que proporciona menor quantidade de selante na fenda que, na contração das placas ocasiona falta de material, por isso a aplicação de selante é recomendada para a primavera ou outono.

São abertos sulcos no pavimento (Figura 10 (a)), conforme roteamento das trincas, com largura e profundidade ( $l/h > 1$ ), geralmente 30/15mm, 25/12mm. Deve ser feita uma limpeza criteriosa e o preenchimento completo com o selante (Figura 10 (b)).

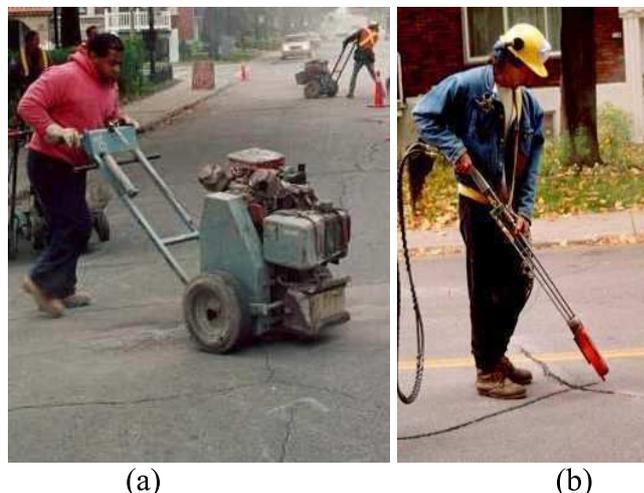


Figura 10 – Execução de sulcos e aplicação do selante

Capa selante: De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2005), a capa selante é executada por penetração invertida, consistindo da aplicação de ligante asfáltico (emulsão asfáltica) e uma aplicação de agregado miúdo (areia ou pó de pedra). O objetivo principal é incrementar as condições de impermeabilização da camada a ser tratada, porém este serviço também melhora as condições de segurança do pavimento, pois interfere na macrotextura do revestimento. É executado em os asfálticos moderadamente fissurados.

Lama asfáltica: a lama asfáltica é resultante da mistura de agregados miúdos, material de enchimento (“filler”), água e emulsão asfáltica. Devido a sua consistência, permite a execução de uma camada delgada. A aplicação da lama asfáltica tem um especial efeito de rejuvenescimento e impermeabilização de revestimentos porosos e/ou fissurados. Importante salientar que a oportunidade da aplicação de lama asfáltica é um fator da maior importância na sua eficácia; Pode constituir-se em desperdício se aplicação for precoce ou perder a eficiência se a aplicação for tardia. Portanto existe um momento ideal em que as condições da superfície (fissuração, oxidação, desgaste e pequenas deformações) podem ser recuperadas com a aplicação da lama asfáltica, proporcionando uma sobrevida a estrutura.

Tratamentos superficiais: são revestimento constituídos por uma ou mais camadas de agregados ligadas por um ligante hidrocarbonado (cimento asfáltico ou emulsões), onde a dimensão máxima do agregado vai diminuindo das camadas subjacentes para as superficiais e, a espessura total é aproximadamente o diâmetro máximo das partículas da primeira camada (Fernandes, Jr, 2006). Um tratamento superficial múltiplo contribui para a resistência do pavimento (impermeabilização, resistência a brasão), porém não se constitui em acréscimo em termos do número estrutural do pavimento.

Microrrevestimento asfáltico (MRA): em situações onde os afundamentos em trilha de roda e desgastes são mais severos é necessário que se execute uma fina camada de revestimento betuminoso chamado de recapeamento. Este recapeamento que varia de 2,5 cm à 5,0 cm de espessura confere ao pavimento uma superfície impermeável, resistente ao escorregamento e resistente à brasão do tráfego (DNIT - Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, 2005). Tem prioritariamente a função de melhorar o desempenho funcional do pavimento, corrigindo deficiências superficiais, tais como: polimento da superfície nas trilhas de roda, pequenas irregularidades longitudinais não associadas ao carregamento, inadequada declividade transversal e defeitos relacionados com condições ambientais, tais como trincamento em bloco, desagregação e intemperismo.

Este serviço, em virtude da pequena espessura da camada e por não destinar-se a promover acréscimos estruturais, os locais mais atingidos e enfraquecidos devem ser corrigidos. Com isso, deverão ser executados previamente os serviços de: reparos localizados, reperfilamento, limpeza e pintura de ligação, melhoria na geometria da via, melhoria na drenagem e controle de trincas de reflexão.

c) Reabilitação:

Fresagem mais recapeamento simples: consiste na remoção parcial ou total da camada de revestimento e aplicação de recapeamento, com o objetivo de restabelecer a condição de serventia do pavimento. A fresagem elimina problemas de trincamento se o mecanismo de formação advier da camada do revestimento, caso o mecanismo provir de camadas inferiores a fresagem auxilia na resolução; este serviço também é importante na correção de defeitos como afundamento em trilhas de rodas, corrugações, remendos e painelas.

Reciclagem: consiste em remover e rejuvenescer misturas asfálticas envelhecidas serve para corrigir pequenas corrugações, agregados polidos e exusadação. O revestimento é escarificado, aquecido no local, misturado, lançado e compactado; geralmente são adicionados ligantes para garantir as propriedades da nova mistura; caso for misturado cimento asfáltico novo à mistura, esta poderá ser utilizada com revestimento, caso contrário, ela será apenas uma camada ligante (“binder”), inibindo a reflexão de trincas e proporcionando boa ligação entre o pavimento antigo e o recapeamento (Fernandes, Jr, 2006).

Recapeamento estrutural: geralmente constituída de uma camada de correção do pavimento antigo e seguida por uma ou mais camadas de espessura uniforme de concreto asfáltico.

d) Reconstrução:

A reconstrução se faz necessária quando o pavimento não foi reabilitado em tempo hábil, chegando a níveis de deterioração que requer que seja removido todo o revestimento, base e às vezes a sub-base e recompondo depois as camadas do pavimento novo, dimensionado segundo um projeto específico. Atualmente, neste tipo de serviço é usada a reciclagem dos materiais removidos, que consiste na utilização da mistura antiga de ligante e agregados, combinada com ligantes novos e agentes recicladores para produzir uma base asfáltica que deve ser revestida por concreto asfáltico ou tratamento superficial duplo (FERNANDES, JR, 2006).

O Quadro 15 apresenta um resumo das causas dos defeitos e as principais atividades de manutenção e reabilitação recomendadas:

Defeito	Causa dos Defeitos	Atividades de M&R
Trincas por fadiga do revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problema estrutural (espessuras inadequadas)</li> <li>• Enfraquecimento estrutural durante o período das chuvas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: remendos (reparo permanente, no caso de problemas localizados) ou tratamento superficial e lama asfáltica (reparos temporários).</li> <li>• Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural, no caso de áreas extensas).</li> <li>• Reconstrução: novos materiais ou reciclados</li> <li>• Obs: geralmente associadas à saturação do subleito, sub-base ou base, as trincas por fadiga podem exigir a remoção do material saturado e a instalação de drenagem.</li> </ul>
Trincas em blocos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contração de origem termina (revestimento formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração) ou de variação do teor de umidade (camadas inferiores), ou ainda em razão do envelhecimento (perda da elasticidade do revestimento causada por oxidação em virtude de tempo de mistura muito longo, temperatura de mistura elevada ou período de armazenamento muito longo)</li> <li>• Contração de bases tratadas com cimento ou com utilização dos solos tropicais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: aplicação de selante (emulsão asfáltica seguida por tratamento superficial, lama, asfáltica ou recapeamento delgado)</li> <li>• Reabilitação: reciclagem ou recapeamento (nos estágios avançados)</li> </ul>
Trincas nos bordos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactação insuficiente.</li> <li>• Drenagem deficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selante para evitar entrada de água e conseqüente enfraquecimento estrutural.</li> </ul>
Trincas longitudinais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Má execução de juntas longitudinais de separação entre duas faixas tráfego (menor densidade e menor resistência à tração).</li> <li>• Contração do revestimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: trincas com abertura que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia sobre o selante.</li> <li>• Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.</li> </ul>
Trincas por reflexão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação de placas rígidas subjacentes (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases solos arenosos finos lateríticos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: remendos e tratamento superficial ou lama asfáltica (reparos temporários). Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural: têm sido utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores; outra técnica consiste na reciclagem das porções mais superficiais do pavimento antigo, de modo a liminar o padrão das trincas e, dessa forma, ao menos retardar o aparecimento das trincas por reflexão).</li> <li>• Obs: trincas com abertura que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia sobre o selante; trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.</li> </ul>
Trincas transversais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selante para evitar entrada de água e conseqüentemente enfraquecimento estrutural.</li> </ul>
Remendos		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obs: o simples preenchimento de panelas é chamado de “tapa-buraco”.</li> </ul>

Continua...

Continuação...		
Panelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores)</li> <li>• Segregação da mistura (falta de ligante asfáltico em pontos localizados)</li> <li>• Problema construtivo (drenagem inadequada)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: remendos (reparo permanente)</li> <li>• Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos.</li> <li>• Obs: as atividades de M&amp;R devem, sempre, ser precedidas de instalação de drenagem.</li> </ul>
Deformação permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes)</li> <li>• Dosagem da mistura (falta de estabilidade, que resulta em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados)</li> <li>• Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas do tráfego</li> <li>• Cisalhamento (fluência plástica) causada por enfraquecimento em razão de infiltração de água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reabilitação: reciclagem, recapamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapamento espesso (reforço estrutural).</li> <li>• Reconstrução: novos materiais ou reciclados.</li> </ul>
Corrugação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha estrutural.</li> <li>• Dosagem de mistura (falta de estabilidade, em razão do excesso de asfalto, ligante asfáltico pouco viscoso, excesso de agregados finos, agregados arredondados, com textura lisa ou granulometria inadequada).</li> <li>• Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: remendos.</li> <li>• Reabilitação: reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico); recapeamento delgado (sobre superfície regularizada: escarificação e mistura com material da base e compactação antes dos lançamento da nova camada de revestimento) ou recapeamento espesso (reforço estrutural).</li> <li>• Reconstrução: novos materiais ou reciclados.</li> </ul>
Exsudação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesso de ligante betuminoso.</li> <li>• Baixo índice de vazios da mistura asfáltica.</li> <li>• Compactação pelo tráfego (má dosagem).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: tratamento superficial (reparo temporário) ou aplicação de areia quente, que deve ser imediatamente compactada e varrida após o resfriamento.</li> <li>• Reabilitação: reciclagem.</li> </ul>
Agregados polidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ação abrasiva do tráfego, que elimina as asperezas e angularidades das partículas.</li> <li>• Seleção dos materiais (agregados com pequena resistência à abrasão, como por exemplo, agregados de rochas calcárias).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: tratamento superficial ou mala asfáltica.</li> <li>• Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado.</li> <li>• Reconstrução: novos materiais ou reciclados.</li> </ul>
Desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosagem da mistura (falta de ligante).</li> <li>• Problema construtivo (sobreaquecimento da mistura; falta de compactação, que resulta em envelhecimento precoce; agregados sujos, úmidos ou com pequena resistência à abrasão; segregação; com a ausência de agregados miúdos, há apenas poucos pontos de ligação entre partículas da matriz de agregados graúdos, facilitando a oxidação).</li> <li>• Perda de adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água ou abrasão.</li> <li>• Abertura ao tráfego antes de o ligante aderir ao agregado.</li> <li>• Execução sob condições meteorológicas desfavoráveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou mala asfáltica.</li> <li>• Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado.</li> </ul>
Desnível entre pista e acostamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosão do acostamento.</li> <li>• Consolidação do acostamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomposição do acostamento.</li> </ul>
Bombeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de água nos vazios sob o revestimento.</li> <li>• Pressão exercida pelas cargas do tráfego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenagem.</li> </ul>

Quadro 15 - Resumo das causas dos efeitos considerados no programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação (FERNANDES JUNIOR et al., 2006)

### 2.6.3 Árvores de decisão para atividades de manutenção e reabilitação

Fernandes Junior et al. (2006) propõem “árvores de decisão” para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Consideram como fatores de decisão os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito) e adotam as seguintes atividades de manutenção e reabilitação:

- Não fazer nada; capa selante; lama asfáltica; tratamento superficial; selagem de trincas; preenchimento de buracos; remendo; regularização; drenagem; reciclagem; recapeamento; reconstrução; recomposição do acostamento; aplicação de areia quente.

Os critérios para a definição dos níveis de severidade, extensão e tráfego são indicados na Figura 11:

Nível de Severidade			
	1	2	3
Severidade	Baixa	Média	Alta
Nível de Extensão de Defeito			
	1		2
Extensão	Pequena (< 50%)		Grande (>50%)
Nível de Tráfego			
VDM (x1000)	1 - Leve	2 – Médio	3 – Pesado
Tráfego	<1	1 - 5	>5

Figura 11 - Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão (FERNANDES JR. E PASTIGOSO, 1998)

As árvores de decisão para cada tipo de defeito são mostradas a seguir, nas Figuras 12 a 24.

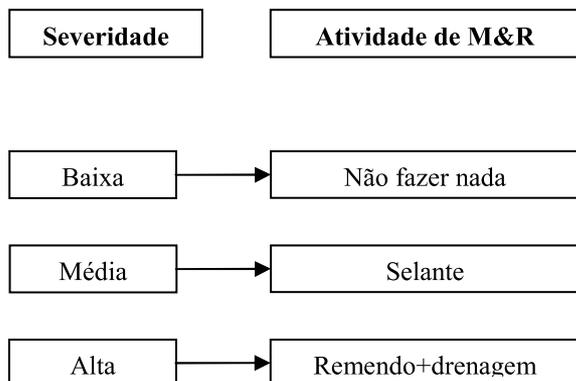


Figura 12 - Árvore de decisão para trincas por fadiga dos revestimento (FERNANDES JR.; PASTIGOSO, 1998)

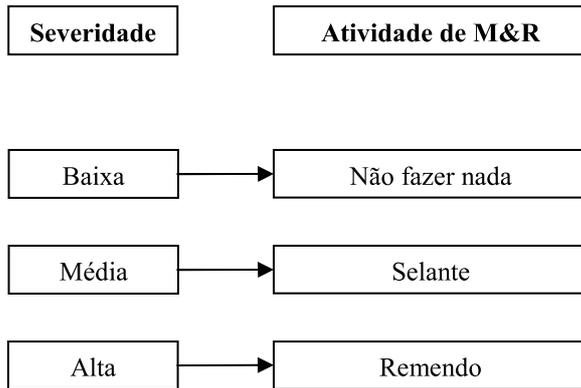


Figura 13 – Árvore de decisão para trincas transversais (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

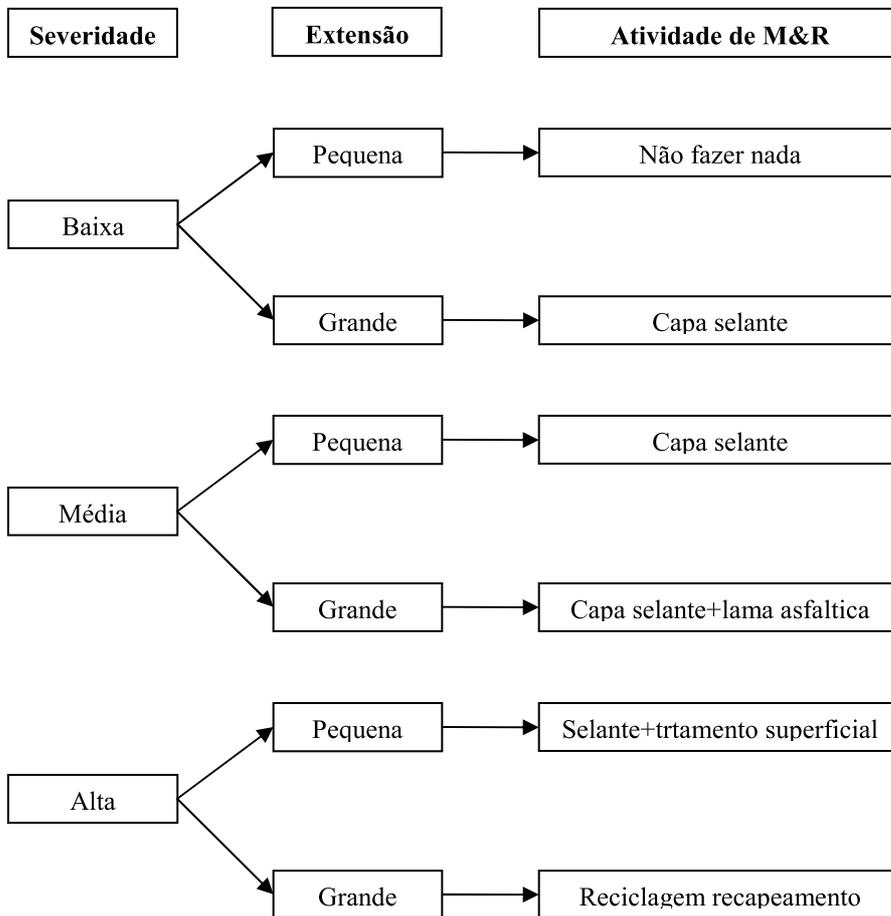


Figura 14 - Árvore de decisão para trincas em blocos (FERNANDES JR.e PASTIGOSO, 1998)

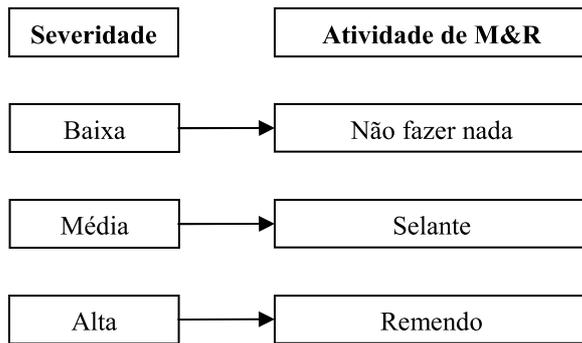


Figura 15 – Árvore de decisão para trincas longitudinais (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

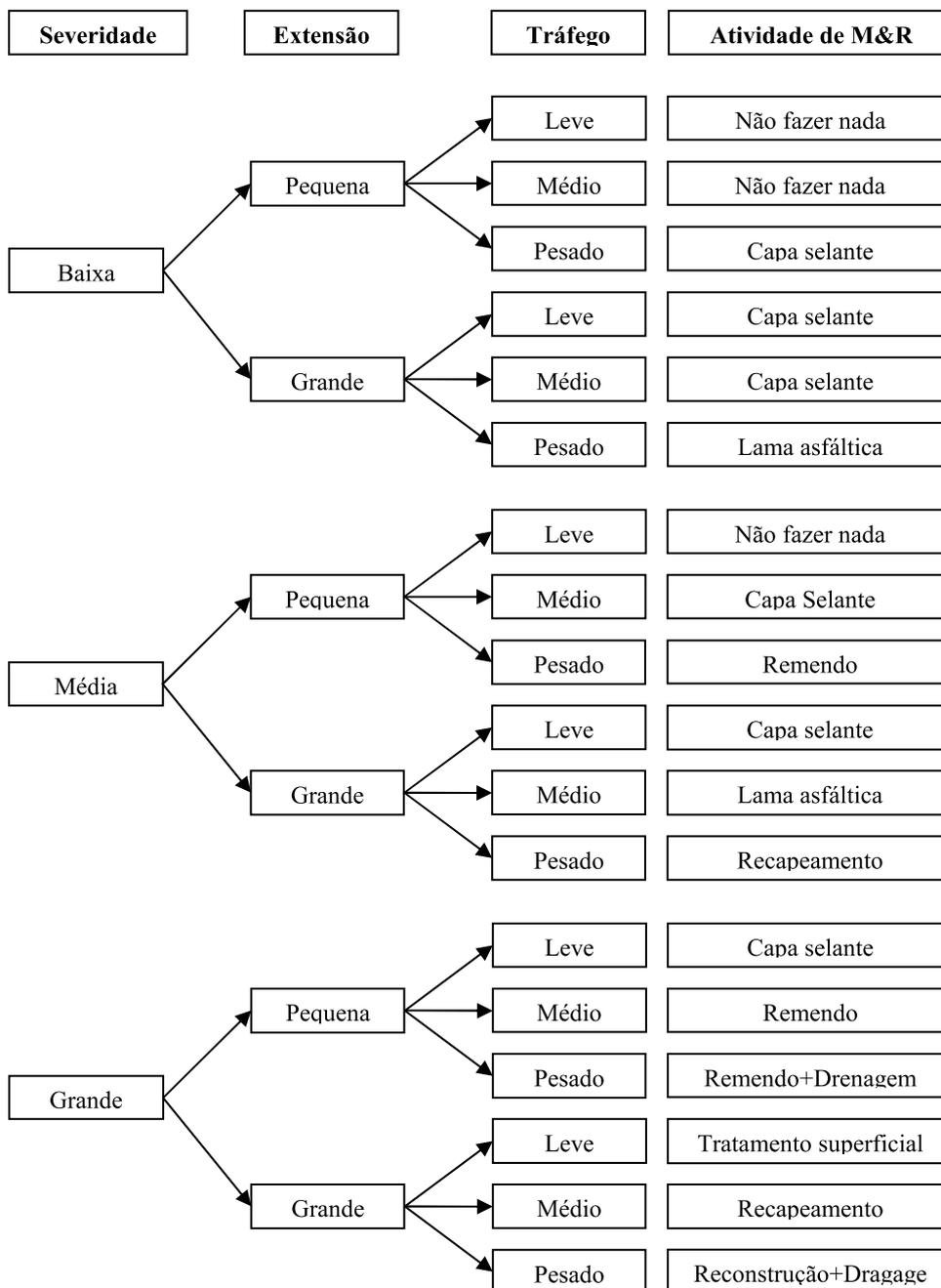


Figura 16 - Árvore de decisão para trincas por fadiga do revestimento (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

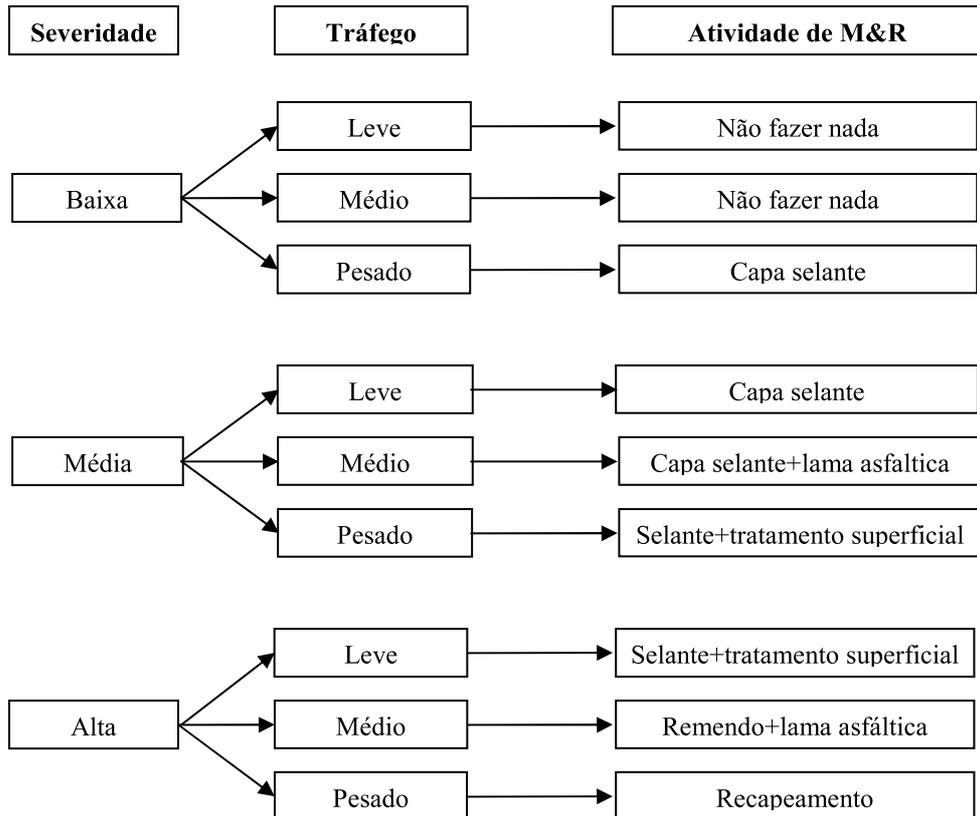


Figura 17 – Árvore de decisão para trincas por reflexão (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)



Figura 18 – Árvore de decisão para remendos (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

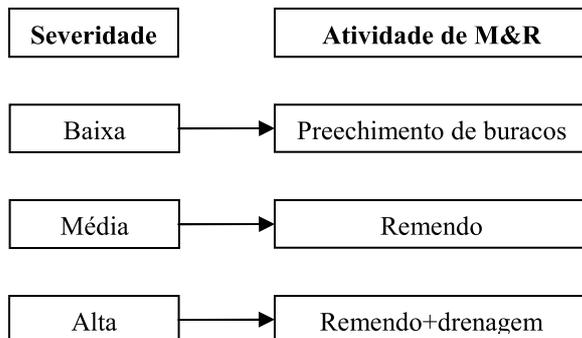


Figura 19 – Árvore de decisão para painelas (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

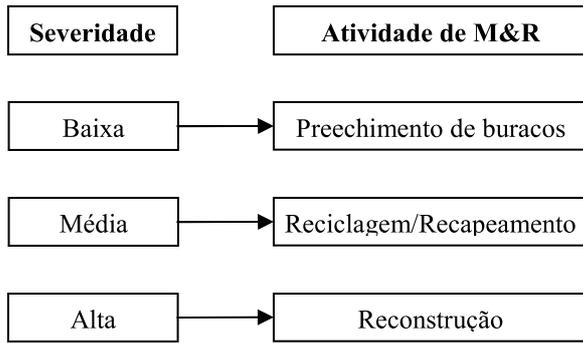


Figura 20 – Árvore de decisão para corrugação (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)



Figura 21 – Árvore de decisão para exsudação (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

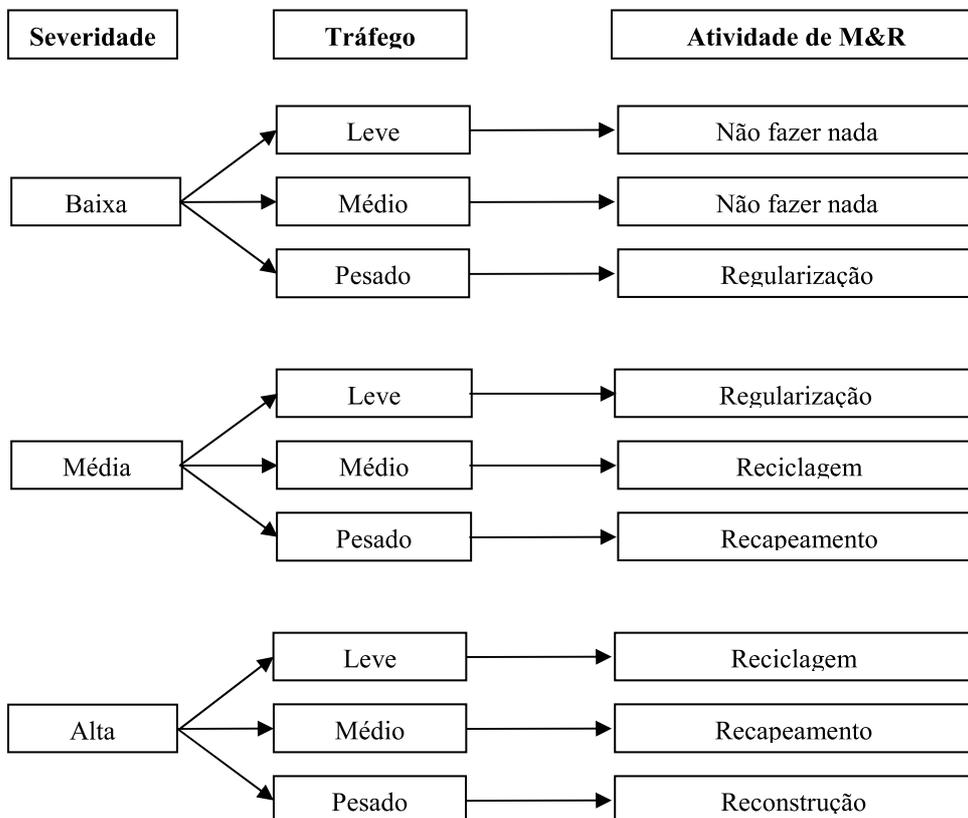


Figura 22 – Árvore de decisão para deformação permanente nas trilhas de roda (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

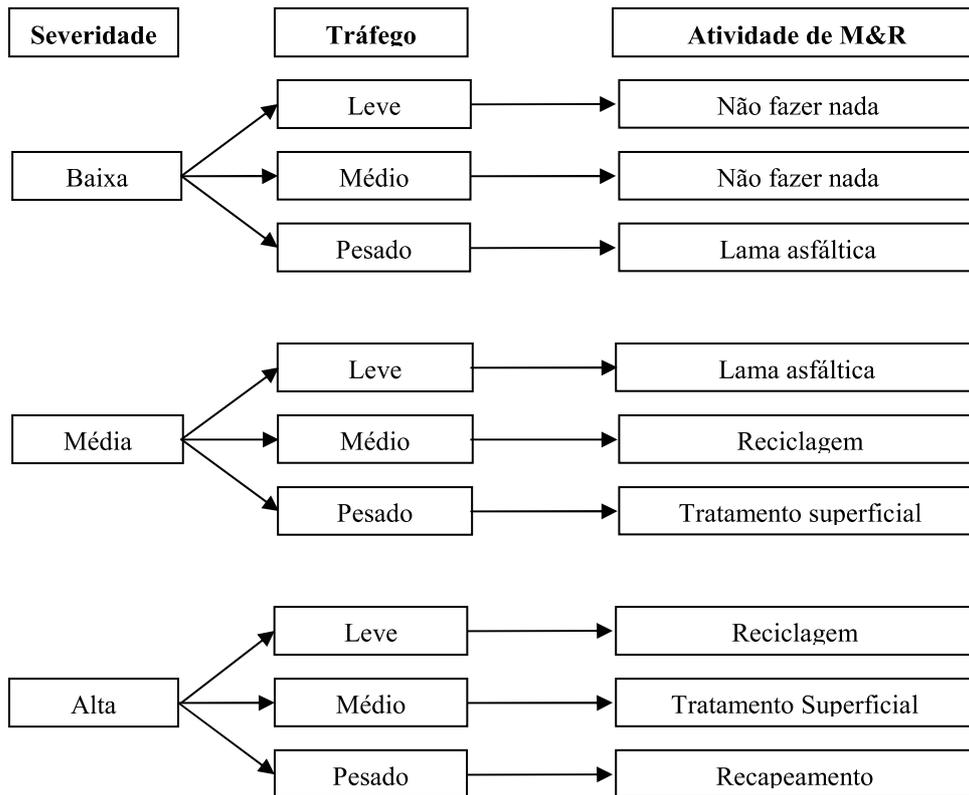


Figura 23 – Árvore de decisão para agregados polidos (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

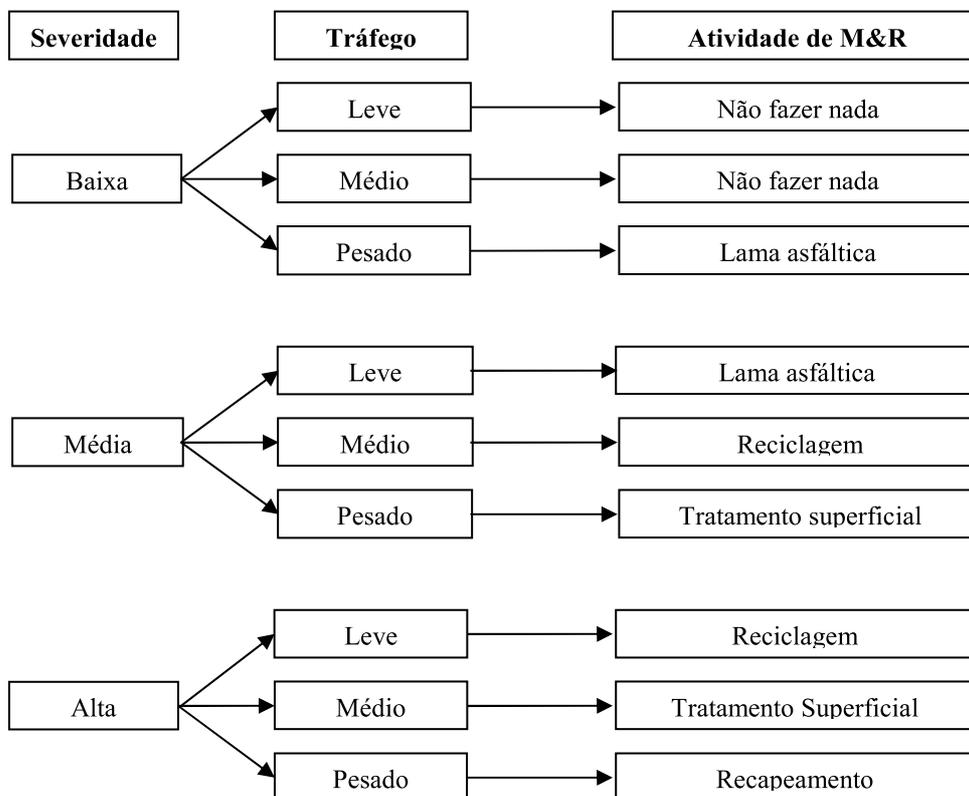


Figura 24 – Árvore de decisão para desgaste (FERNANDES JR. e PASTIGOSO, 1998)

- **Desnível entre pista e acostamento:** Recomposição do acostamento com material não erodível e boa capacidade de suporte.
- **Bombemento:** Drenagem a capa selante, tratamento superficial ou recapeamento.

### 3 MÉTODO DA PESQUISA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO

O município de Pato Branco foi fundado em 14 de dezembro de 1952, está situado na região Sudoeste do Paraná, distante 433,5 km da capital do estado, Curitiba, latitude 26°13'46" Sul e longitude 52°40'14" W-GR, altitude de 760m, área de 539 km<sup>2</sup>, com uma população de 70.160 habitantes (estimativa IBGE, 2009), grau de urbanização de 91,28% e PIB per capita de R\$ 12.130,00 (IBGE, 2007) e, uma frota de 36.021 veículos cadastrados (DETRAN/PR, 2009). O IDH (índice de desenvolvimento humano) de 0,849 coloca o município em 34º lugar no Brasil e 3º no Paraná entre os municípios com melhor qualidade de vida. A cidade se destaca na micro-região como um centro de serviços com ênfase nos setores da saúde e da educação. Na última década, iniciativas do poder público buscaram variar sua economia através de incentivos fiscais a empresas dos setores de informática e eletro-eletrônico. A agricultura e a pecuária são a vocação histórica da economia do município.

O sistema viário da cidade de Pato Branco é composto por duas vias arteriais principais representadas, uma ao sul pela PRT 280 (jurisdição estadual) que faz a ligação Leste-Oeste, outra a oeste pela BR 158 (jurisdição federal) que faz a ligação Sul-Norte, interligando estas duas existe a avenida Tupi que tem a função de via arterial secundária, corta a cidade de Sul a Norte passando pelo centro, que canaliza o tráfego tanto de veículos como de coletivos e de transporte de cargas para o centro comercial da cidade, o relevo acidentado impõe barreiras naturais à tentativa de se criar vias arteriais alternativas. A esta via arterial se conectam vias coletoras transversais que fazem a ligação dos bairros ou parques industriais até a zona de comércio e serviços.

A Figura 25 representa a localização do município de Pato Branco, no sudoeste do Paraná.

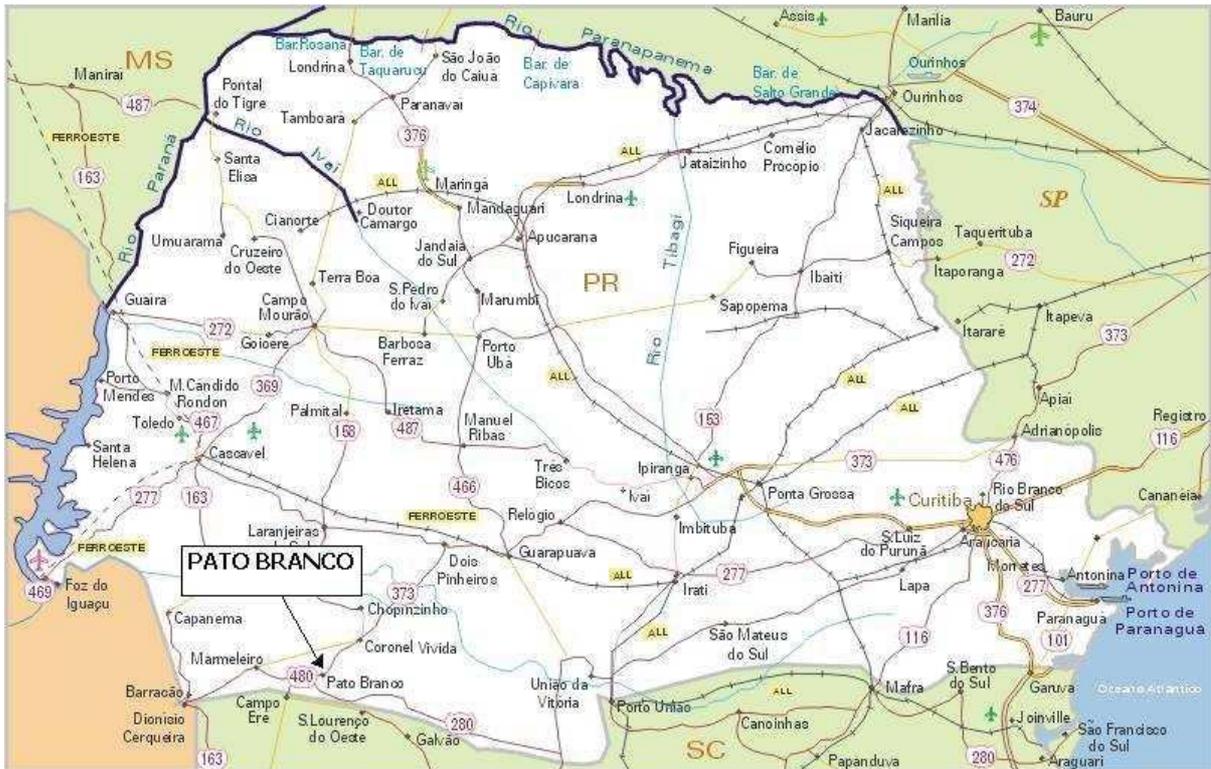


Figura 25 – Localização do município de Pato Branco – PR. (Geographic Guide 2009)

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Em Silva e Menezes (2001) encontram-se quatro pontos de vista, pelos quais a pesquisa é classificada: de acordo com sua natureza; a forma de abordagem do problema; seus objetivos e, dos procedimentos técnicos.

Do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa é aplicada, pois tem como objetivo elaborar procedimentos que auxiliem a administração municipal no gerenciamento da malha viária asfaltada, no município de Pato Branco - PR. Este auxílio se dará por meio de aplicação de métodos que forneçam um diagnóstico das condições dos pavimentos, no tocante a forma como o pavimento cumpre com suas funções e definir estratégias de intervenção.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, é uma pesquisa quantitativa, pois leva em conta a área de vias asfaltadas consideradas, quantidade e tipos de defeitos, materiais e recursos necessários às intervenções.

Do ponto de vista dos seus objetivos, é uma pesquisa descritiva, pois descreve as características dos defeitos nos pavimentos, e estabelece uma relação entre as variáveis que contribuem para estas ocorrências. E, aponta alternativas de intervenções possíveis de ser adotadas pela administração, visando adotar a medida mais apropriada. As fontes de evidência

do presente estudo envolvem levantamento bibliográfico, análise documental e levantamentos a campo do pesquisador.

Ao tratar dos procedimentos técnicos, este estudo caracteriza-se, por ser um estudo de caso, com a coleta e o registro de informações, diagnóstico das condições dos pavimentos e alternativas de ações cabíveis, especificamente nos trechos selecionados. Também, segundo Yin (2001), o estudo de caso é caracterizado por apresentar análise da situação no contexto real; inicia a partir de um contexto teórico, porém aceita situações não esperadas; utiliza múltiplas fontes de dados; e podem ser aplicados métodos comparativos para melhorar a análise. Além de caracterizar-se na forma de pesquisa em responder como e por que o evento ocorre, não exige controle dos eventos e focaliza acontecimentos atuais.

### 3.3 ESCOLHA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Dentre os vários métodos disponíveis para avaliação das condições operacionais de pavimentos busca-se um que seja representativo para as peculiaridades do objeto de estudo. Tais peculiaridades estão relacionadas a localização, ao tipo de pavimento a ser avaliado, tipo e volume de tráfego atuante, objetivos da avaliação, prazos e recursos de pessoal e equipamentos disponíveis para a realização do trabalho.

Ao avaliar a condição de um pavimento, deve-se observar alguns conceitos fundamentais, como: serventia e desempenho, condição funcional e estrutural dos pavimentos e dos aspectos que envolvem a avaliação propriamente dita. No item 2.4.6 (Metodologias para o levantamento de dados), Danieleski (2004) diz que a metodologia empregada para avaliação varia em função da forma de levantamento, extensão do levantamento, tipo de pavimento, tipo de defeito considerado e o modelo empregado para a determinação da condição do pavimento. Acrescenta-se aqui que, esta metodologia também leva em conta o objetivo do levantamento, se pretende servir para um sistema em nível de rede ou em nível de projeto, conforme descrito no item 2.3.2 (Estrutura de um SGP).

No item 2.4.8 (Avaliação objetiva dos pavimentos), foram descritos alguns dos métodos mais utilizados para avaliação de pavimentos. Apesar desta variedade de métodos de avaliação de pavimentos, Villibor D. F. et al (2209) destaca que os mesmos nunca serão identificados com a mesma precisão e objetividade alcançados em outras medidas de engenharia. Salienta ainda, as diferentes especificidades entre pavimentos rodoviários e urbanos, enquanto aqueles apresentam tráfego de fluxo contínuo e de altas velocidades, estes

operam com tráfego descontínuo e baixas velocidades. Acrescenta que adotando-se o método da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) para estabelecer o índice de serventia, teria-se que reconstruir uma grande parte da malha viária das cidades médias e de grande porte, pois este utiliza a irregularidade longitudinal como fator predominante na avaliação e, este fator sendo elevado indicaria baixos níveis de serventia.

Já, o método baseado na norma DNER-PRO 08/94 (atual DNIT 006/2003-PRO), descrito no item 2.4.8.1 (Método do IGG - Norma DNIT 006/2003-PRO), muito utilizado em nosso país, segundo Fernandes Jr et al (2006) , apresenta a limitação de não levar em conta o nível de severidade, apenas o tipo de defeito (exceto para trincas) ; além de considerar apenas o número de ocorrências e não a extensão do defeito. Este método adota seções de análise a cada 40 metros, analisando a região 3,0 m atrás e 3,0 m adiante deste ponto, correndo o risco de não detectar ocorrências graves localizadas nos intervalos não analisados.

O método do ISU (Índice de Serventia Urbano), item 2.4.8.3 (Método do Índice de Serventia Urbano (ISU)), proposto pelos engenheiros Douglas Fadul Villibor, Job Shuji Nogami, Mauro Beligni e José Roberto Cincerre em Villibor et al (2006), apresenta uma metodologia simplificada, muito útil principalmente para cidades de médio porte que não dispõem de pessoal e equipamentos para avaliações mais complexas. É um método essencialmente para aplicação em pavimentos urbanos. Padroniza os defeitos de superfície em apenas 3 tipos; considera sua incidência (extensão) e severidade, em três níveis distintos. Também considera o potencial de influência de cada defeito através de um índice de ponderação. Apesar dos bons resultados na aplicação deste método na cidade de São Paulo, seus autores ponderam que a metodologia proposta poderá sofrer alteração e ajustes, quando da avaliação em grande escala do estado superficial das vias urbanas.

O método do PCI (*Paviment Condition Index*), descrito no item 2.4.8.2 (Método PCI (*Pavement Condition Index*)), classifica a condição do pavimento em sete níveis, de péssimo à excelente; enquanto a maioria dos outros métodos tem uma escala de cinco níveis, de Péssimo a Ótimo. Este aspecto facilita a comparação de condições entre trechos ou seções de análise distintas, facilitando a ordenação e priorização quando da aplicação de políticas de manutenção. Segundo Baldo (1997), o USACE (*United States Army Corps of Engineers*) é muito explícito em destacar que o índice do PCI foi calibrado e validado para ruas e avenidas onde os veículos trafegam em baixa velocidade. Afirma também que o problema de aderência não é significativo para vias urbanas de baixa velocidade. Destaca ainda que este método, pela sua formulação, está mais relacionado e é representativo da condição funcional do pavimento

e um bom indicador da condição estrutural do pavimento. Este método considera a análise de seções do pavimento com área de 225,00 m<sup>2</sup>. Depois são tomadas amostras aleatórias para determinação do PCI da via, tendo-se a possibilidade de se fazer uma varredura completa em toda a extensão da via. Obtendo-se resultados com relação aos tipos de defeitos, severidade e extensão dos mesmos, além disso, o método considera a quantidade de diferentes tipos de defeitos numa seção. Segundo Ats, et al (1998) a aplicação do PCI é muito útil em permitir ao projetista quantificar o volume de tapa-buracos, as extensões de remendos localizados, áreas que necessitam de fresagem, selagem de trincas, dentre outros.

Foram analisadas as características dos métodos de avaliação apresentados no Capítulo 2 e as considerações da metodologia para a escolha do método de avaliação e, considerando as peculiaridades da malha viária de Pato Branco e os recursos (pessoal, equipamentos) disponíveis, foi aplicado o método do PCI (*Paviment Condition Index*) no desenvolvimento deste estudo.

### 3.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas sincronizadas com os objetivos específicos, conforme especificado no fluxograma da Figura 26, onde esta representada a estrutura metodológica das atividades da pesquisa. O fluxograma apresenta a seqüência lógica adotada para o desenvolvimento da pesquisa.

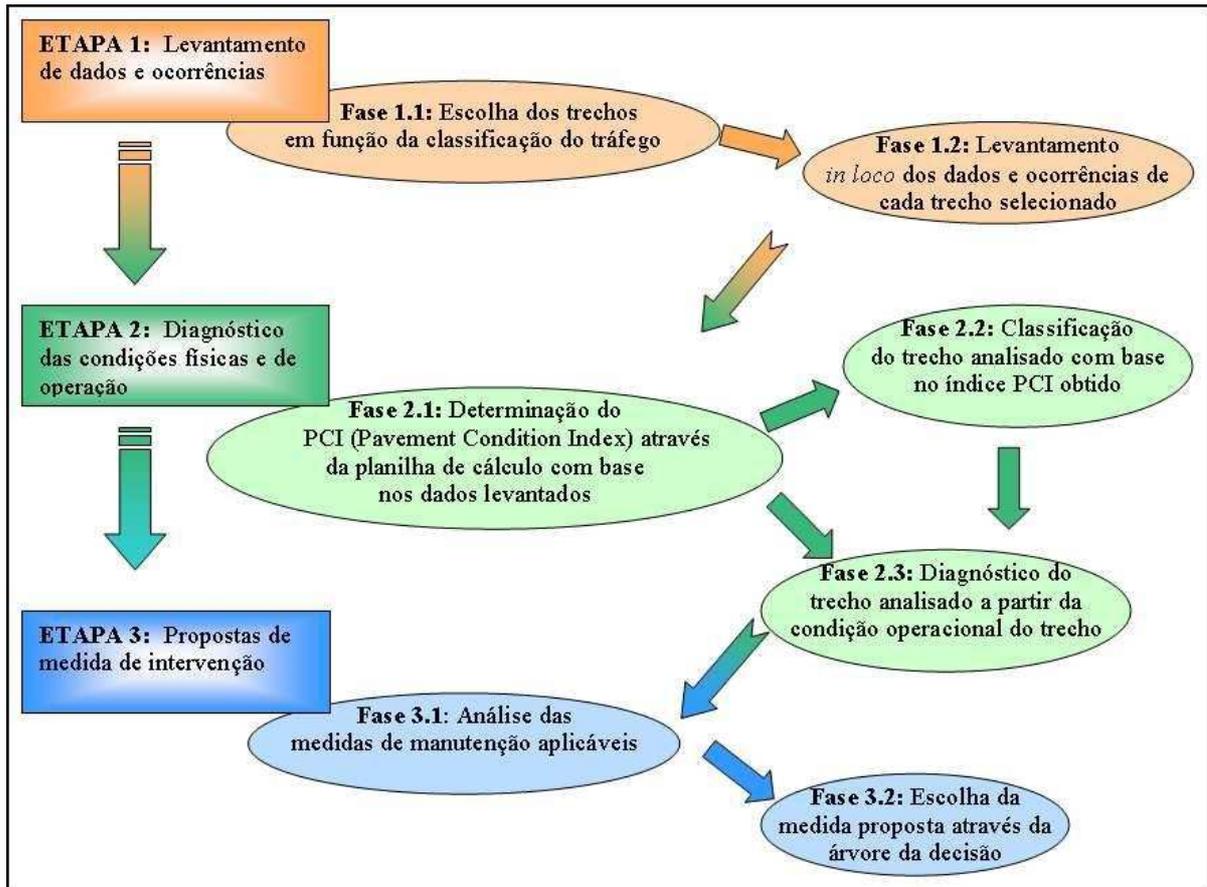


Figura 26 – Fluxograma da metodologia aplicada para o desenvolvimento das atividades da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa, conforme fluxograma divide-se em 3 Etapas, e os procedimentos adotados no seu desenvolvimento estão descritos, como segue:

### **ETAPA 1: Levantamento de dados e ocorrências**

#### **Fase 1.1: Escolha dos trechos em função da classificação e do tráfego**

Para o desenvolvimento do estudo fez-se necessário delimitar do espaço físico correspondente, neste caso, a malha viária urbana do município de Pato Branco. Através de entrevista com os responsáveis pelos setores envolvidos na administração da malha viária, expôs-se os objetivos do trabalho e obteve-se informações sobre documentos existentes que podem ser disponibilizados. Tais documentos são de grande utilidade, pois fornecem informações em um estágio, se não totalmente atualizado, pelo menos bem mais avançado do que dispomos.

A gestão de pavimentos visa o controle toda a malha viária. Porém, como objetivo central deste estudo é estabelecer procedimentos técnicos, em nível de projeto, para auxiliar a administração pública na gestão dos pavimentos e, estes procedimentos baseiam-se na aplicação de métodos sistematizados trecho a trecho, até a cobertura total da malha viária,

pondera-se que a apresentação destes métodos em 2 trechos isolados pode balizar a conduta da administração municipal no conjunto das vias.

Segundo Balbo (2007), as vias mais solicitadas são normalmente objeto de maior atenção que aquelas periféricas e de bairros residenciais e, informações objetivas desta natureza são importantes para uma tomada de posição quanto a política de priorização no plano de manutenção das vias.

### **Fase 1.2: Caracterização das ocorrências de cada trecho selecionado e classificação da via em função do tráfego**

O levantamento *in loco* dos dados e ocorrências no trecho selecionado, segue o seguinte procedimento:

- 1) Dividiu-se os trechos selecionados em seções de extensão variável, equivalente a área de 225 m<sup>2</sup>, dependendo da largura da faixa analisada;
- 2) Considerou-se uma das faixas de tráfego, ou da direita ou da esquerda, no caso de tráfego em dois sentidos, como seção de análise;
- 3) Providenciou-se planilhas de levantamento de campo, conforme a Figura 27, na quantidade de uma para cada seção;
- 4) Percorreu-se a pé a seção de análise e anota-se, manualmente, no local apropriado na planilha o tipo de defeito, sua severidade e extensão, conforme relação de defeitos constantes na própria planilha.
- 5) Anotou-se no campo vago da planilha, ocorrências extras, tais como, condições de drenagem, meio-fio, interferências de outras redes urbanas ou raízes de árvores.

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO			
Via: Bartolomeu de Gusmão		Seção: 01	
Data:		Amostran <sup>o</sup> : 01	
Avaliador:		Área da Amostra: 225 m <sup>2</sup>	
Tipo de Defeitos			
1 Couro de Crocodilo	Área	11 Remendos	Área
2 Escudação	Área	12 Agregado Polidos	Área
3 Fissuras em blocos	Área	13 Painelas	Unid.
4 Elevações Recalques	Metro	14 Cruzamento Ferroviário	Área
5 Corrugação	Área	15 Afundamento de Trilho de Roda	Área
6 Afundamento Localizado	Área	16 Escorregamento de Massa	Área
7 Fissuras de Borda	Metro	17 Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa	Área
8 Fissuras por Reflexão de Juntas	Metro	18 Inchamento	Área
9 Desnível de Pavimento/ Acostamento	Metro	19 Desgaste	Área
10 Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro		

PANELAS			
PROF.	Diâmetro Médio (cm)		
	10 a 20	20 a 45	45 a 76
1,2 a 2,5	B	B	M
>2,5 a 5,0	B	M	A
>5,0	M	M	A

Figura 27 – Planilha de levantamento de campo

A Classificação da via em função do tráfego foi realizada conforme item 2.1.2.2 (Classificação em função do volume de tráfego), através da contagem a campo do volume de veículos e registro em planilha própria apresentada na Figura 28.

A classificação da via como sendo de tráfego leve, médio ou pesado, se dá em função do volume de veículos registrado. Com este dado utilizando-se a equação da fórmula 1, obtém-se o número N (número de operações de eixo padrão), para um determinado período de tempo de vida do pavimento, estimando-se uma taxa de crescimento anual. Através do número N obtido, definiu-se o tipo de tráfego atuante na via, através da correlação deste no

Quadro 1. Importante salientar que a contagem do tráfego é feita nos dois sentidos do trânsito, tomando-se para cálculo no trecho o maior valor observado.

CONTAGEM DE TRÁFEGO				Via:		Trecho:				Sentido:				Data:		
Tipo	Classificação	Configuração	Eixos de Projeto	Intervalo de Tempo (horas)												Total
				8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	19:00 / 20:00	
Automóvel	2C		-													
Ônibus	2C		ESRS; ESRD; ESRS													
Utilitário	2C		-													
Caminhão	2C		ESRS; ESRD													
	3C		ESRS; ETD													
	4C		ESRS; ETT													
Semi-Reboque	2S1		ESRS; ESRD (2)													
	2S2		ESRS; ESRD; ETD													
	2S3		ESRS; ESRD; ETT													
	3S2		ESRS; ETD; ETD													
	3S3		ESRS; ETD; ETT													
Reboque	2C2		ESRS; ESRD (3)													
	2C3		ESRS; ESRD (3); ETD													
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo Leve):									Total (ônibus/Caminhão/Reboque e Semi-reboque):							

Figura 28 – Planilha de contagem de tráfego (adaptada de BALBO apud. DNIT, 2007)

## **ETAPA 2: Diagnóstico das condições físicas e de operação**

### **Fase 2.1: Determinação do PCI (*Pavement Condition Index*) através da planilha de cálculo com base nos dados levantados**

Os dados levantados no campo, conforme Fase 1.2, são transferidos no escritório para a planilha de cálculo do PCI, conforme Figura 29. O tratamento dos dados segue o seguinte procedimento:

- 1) Identifica-se o defeito existente;
- 2) Quantifica-se o defeito, na unidade especificada (m<sup>2</sup>, ml ou un.) em cada nível de severidade;
- 3) No campo apropriado calcula-se a densidade de cada defeito, dividindo-se a área apresentada por este pela área total da seção de análise;
- 4) Em função do tipo de defeito, densidade e severidade, utilizando-se curvas em gráficos elaborados por M.Y. Shahin e calibrados pelo USACE (Anexo 4) define-se o valor de dedução, que tem por base o efeito negativo daquele defeito na integridade estrutural do pavimento e na condição operacional oferecida pela superfície do pavimento (BALBO, 1997).
- 5) A soma dos valores individuais de dedução estabelece o Total de Dedução (TDV);
- 6) O Total de Dedução (TDV) é combinado com o número de defeitos existentes na seção de análise e através do gráfico da Figura 3 do Anexo 4, obtêm-se o Valor de Dedução Corrigido (CDV);
- 7) O valor 100 representa um pavimento perfeito; portanto o valor do PCI é obtido subtraindo-se de 100 o valor de CDV, resultando no PCI da seção.

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI											
Via:	Bartolomeu de Gusmão				Seção:	1					
Data:					Amostran°:	1					
Avaliador:					Área da Amostra:	225 m²					
Tipos de Defeitos											
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos	Esboço: 45 5							
2	Escudação	12	Agregado Polidos								
3	Fissuras em blocos	13	Panelas								
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário								
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda								
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa								
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa								
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento								
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste								
10	Fissuras Longitudinal e Transversal										
Tipos de Defeitos Existentes											
Área/ Extensão	Severidade	6		11		13					
		21	M	6	B	1	A				
		45	M			1	M				
Severidade	B		6								
	M	66			1						
	A				1						
Cálculo do PCI											
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução	<b>PCI = 100 - CDV</b> 100 - 67 PCI = 31  <b>Condições de Pavimento:</b>  Ruim						
6		29,33	M	51							
11		2,67	B	6							
13		0,44	M	20							
13		0,44	A	40							
<b>Total de Dedução (TDV)</b>				117							
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>				67							

Figura 29 – Planilha de cálculo do PCI

### Fase 2.2: Classificação do trecho analisado com base no índice PCI obtido

O valor do PCI varia de 100, para pavimento perfeito à 0 para pavimento péssimo. O método do PCI estabelece uma classificação em sete faixas, ou seja, Péssimo, Muito ruim, Ruim, Regular, Bom, Muito Bom, Excelente, adotadas para faixas de valores de PCI que variam de 0 à 10, 11 à 25, 26 à 40, 41 à 55, 56 à 70, 71 à 85, 86 à 100, respectivamente, conforme demonstrado na Figura 8.

### Fase 2.3: Diagnóstico do trecho analisado a partir da condição operacional do trecho

Segundo Gonçalves (2007), os responsáveis pelo processo de tomada de decisão necessitam de um diagnóstico confiável, para adotarem medidas relativas ao tipo, a como e

quando deverão realizar intervenções num determinado pavimento. Destaca também o fato de que o estabelecimento de um diagnóstico correto a cerca das condições oferecidas por um pavimento em um determinado momento de sua vida de serviço não é uma tarefa simples e envolve uma dose elevada de estudos e experiência, além de uma considerável capacidade de julgamento por parte dos profissionais envolvidos.

O diagnóstico envolve a identificação dos defeitos e o grau com estes afetam negativamente as condições operacionais do pavimento; o grau com que o pavimento atende a suas funções. O índice do PCI e a classificação do pavimento é um indicativo importante do diagnóstico a ser conferido ao pavimento.

### **ETAPA 3: Propostas de medida de intervenção**

#### **Fase 3.1: Análise das medidas de manutenção aplicáveis**

Para Balbo (1997), a pavimentação não pode ser vista como solução definitiva após sua execução; para se obter uma conveniente e constante condição operacional é imprescindível que seja estabelecida uma política de controle das condições dos pavimentos, associada a um processo de manutenção estratégico. Esta política, permite a racionalização e otimização dos recursos disponíveis, buscando o retorno do patrimônio investido. A política de manutenção de pavimentos pode ser entendida como um conjunto de estratégias de manutenção selecionadas a partir da identificação das necessidades observadas no pavimento e das restrições orçamentárias existentes.

A implementação de manutenção rotineira, corrigindo defeitos isolados ou de pequena monta é de fundamental importância, pois evita que o defeito se alastre e necessite de maior volume de recursos além de baixar o nível de serventia do pavimento. Há situações, porém, que em virtude de dificuldades diversas ou por estratégia da política de manutenção a condição do pavimento é controlada até um ponto de menor serventia, para , ali sim, aplicar uma intervenção mais “robusta” buscando um nível de desempenho por um período mais longo; neste aspecto também a política de manutenção de pavimentos deve analisar a questão em termos econômicos de custo-benefício.

#### **Fase 3.2: Escolha da medida proposta através da árvore de decisão**

A escolha da medida de manutenção através de árvores de decisão, onde o caminho a ser percorrido nas árvores é definido em função dos graus de severidade e extensão dos defeitos e do tráfego atuante, com a apresentação da correspondente medida apropriada de

manutenção ou restauração a ser implementada. Ressalta-se que para cada defeito é construída uma árvore específica. No item 2.6.1, estão descritas as árvores de decisão para atividades de manutenção e restauração de pavimentos, retiradas de Fernandes Junior et al. (2006).

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Com vistas ao objetivo geral e aos específicos, procedeu-se a aplicação dos procedimentos metodológicos para os dois trechos selecionados, individualmente. Ao final é apresentada uma análise da proposta.

As Fases 1 e 2 da Etapa 1 dos procedimentos metodológicos, são comuns para todos os trechos a analisar, por isso será apresentada a descrição do desenvolvimento das atividades em conjunto, como segue.

### **4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E OCORRÊNCIAS QUE CARACTERIZEM OS TRECHOS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NA CIDADE DE PATO BRANCO – PR**

#### **4.1.1 Escolha dos trechos em função da classificação e do tráfego**

O mapa do sistema viário urbano do município de Pato Branco, apresentado da Figura 30, foi elaborado pela Prefeitura Municipal de Pato Branco e, disponibilizado através da Secretaria Municipal de Obras e Serviços de Engenharia. Apresenta a classificação pela função das vias e, através deste mapa foram localizados os trechos de análise.

Definiu-se pela escolha de dois trechos com funções diferentes na hierarquia das vias, com o objetivo de ampliar o escopo deste trabalho.

Neste trabalho foram selecionados 2 trechos em diferentes pontos da malha viária urbana de Pato Branco - PR. Para ser mais representativa, considerou-se a classificação das vias urbanas explicitada no item 2.1.2 e, em visita *in loco* dos possíveis trechos de análise. Observou-se o tipo e volume de tráfego, tipo de ocupação no entorno e tipo de pavimento.

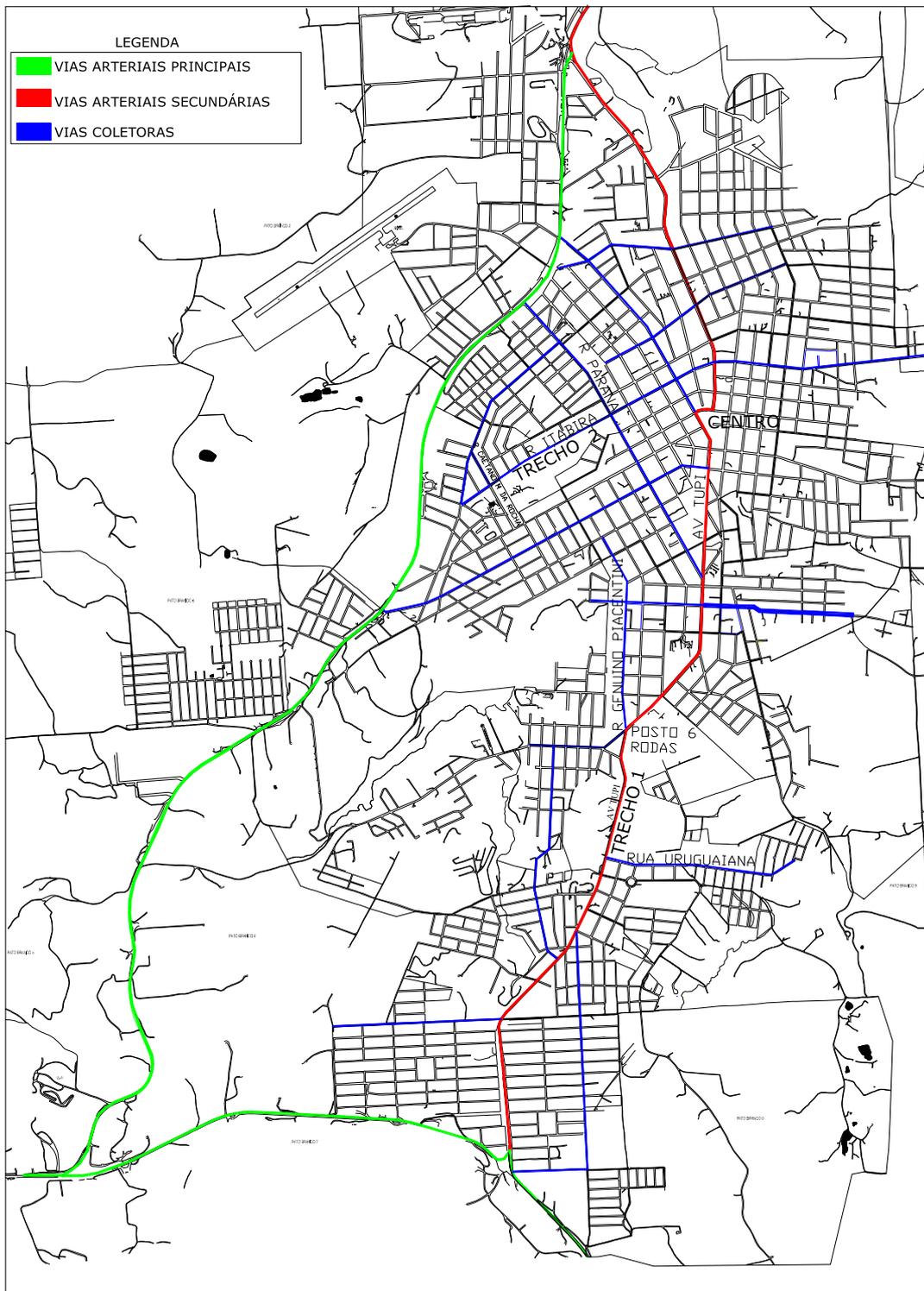


Figura 30 - Planta da malha viária urbana com classificação das vias e indicação dos trechos analisados (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2009)

Na classificação das vias quanto sua função: o Trecho 1 analisado se encontra em uma via arterial, o Trecho 2 se encontra em uma via coletora. Trechos com função diferente foram escolhidos propositalmente, com vistas à análise na aplicação do método de avaliação. Os trechos serão mais detalhados, quando da análise individual.

O Trecho 1, localizado na Avenida Tupi (Figura 31), situado entre a rua Genuino Piacentini (Posto Seis Rodas) e rua Uruguaiana, com a característica de ser uma via arterial principal, que corta a cidade e que interliga as duas vias arteriais principais que absorvem o tráfego de outros municípios, BR-280 e BR-158. Este trecho possui um volume considerável de tráfego de automóveis, coletivos e transporte de cargas. Apesar de ter uma caixa total de 25 m, a pavimentação utiliza uma faixa de 12 m sendo 1 mão de tráfego em cada sentido e faixa de estacionamento junto ao meio-fio.

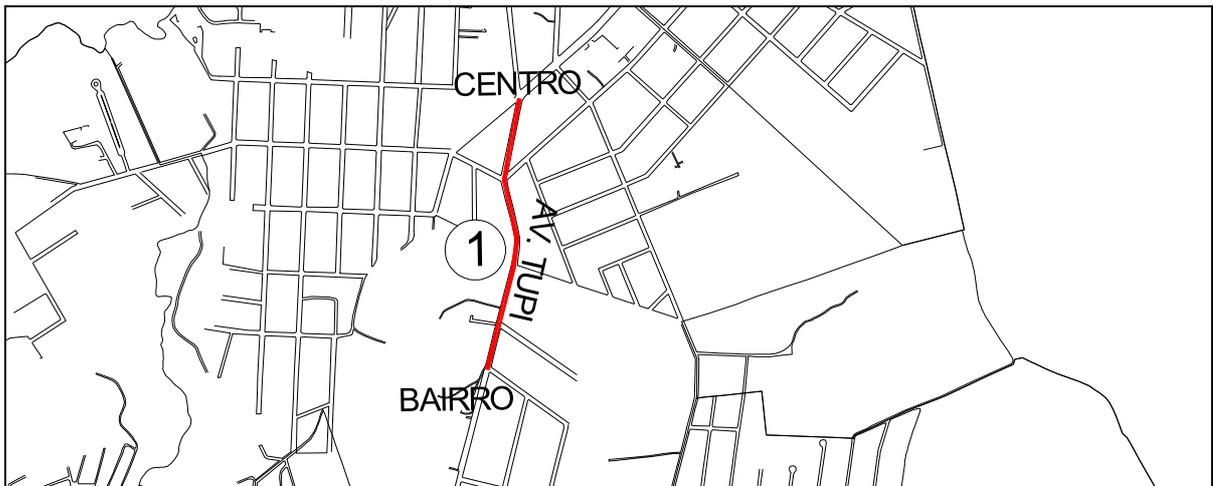


Figura 31 – Localização do trecho 1 na Av. Tupi, entre o posto Seis Rodas e a rua Uruguaiana (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2009)

O trecho 2, está localizado numa via coletora principal, rua Itabira (Figura 32), porém com característica de tráfego eminentemente local, isto é, coleta o tráfego de automóveis e coletivos dos bairros da zona oeste e interliga-se com o centro da cidade. Possui uma caixa de 18 m, sendo 10 m de pavimentação, com 1 mão de tráfego em cada sentido e faixa de estacionamento junto ao meio-fio.



Figura 32 – Localização do trecho 2 na rua Itabira, entre a rua Paraná e Caetano Munhoz da Rocha (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2009)

## 4.2 ANÁLISE DO TRECHO 1

### 4.2.1 Classificação da via em função do tráfego

O volume de tráfego diário foi levantado *in loco* em planilha própria, conforme Figuras 1 e 2 do Anexo 1. Observando-se que o maior volume de tráfego de ônibus e caminhões foi constatado no sentido Centro/Bairro, pista direita (Figura 2, Anexo 1).

A via foi classificada em função do número equivalente (N) de operações de um eixo padrão, conforme item 2.1.2.2 (Classificação em função do volume de tráfego), com a aplicação da fórmula (1), considerando-se um período de projeto (P) de 12 anos e um crescimento anual de 5% (Quadro 1), obtendo-se o seguinte resultado:

$$N = 365 \cdot \text{VDMc} \cdot \frac{(1+P.t)^2-1}{2.t} \cdot \text{Fv} \cdot \text{Fr} \quad (1)$$

$$N = 365 \times 573 \times \frac{(1+12 \times 0,05)^2-1}{2 \times 0,05} \times 5,9 \times 1,0$$

$$N = 1,92 \times 10^7 \text{ operações de eixo padrão}$$

Com isso, conforme Quadro 1 a via é classificada como Arterial de Tráfego Pesado.

### 4.2.2 Levantamento *in loco* dos dados e ocorrências do trecho 1 selecionado

O Trecho 1 identificado no item 4.1.1 foi dividido em 13 seções de análise com área de 5,0x45,0m (225 m<sup>2</sup>) e, aplicado o procedimento metodológico descrito na Fase 1.2 para cada uma das seções e, para os dois sentidos do tráfego.

A Figura 33 apresenta a planilha de inspeção de campo, conforme Anexo 2, para a seção 1, pista direita, respectivamente. O mesmo procedimento foi aplicado para as demais 12 seções; as planilhas relativas a estas seções não constam da presente dissertação, porém os dados levantados foram considerados para aplicação na respectiva planilha de cálculo do PCI da seção. E, os resultados constam no gráfico da Figura 35.

Através de vistoria no local, definiu-se o tipo de defeito observado, sua severidade e dimensões, conforme orientações do Quadro 4 e do Apêndice A.

As informações foram registradas na planilha de inspeção de campo, conforme segue:

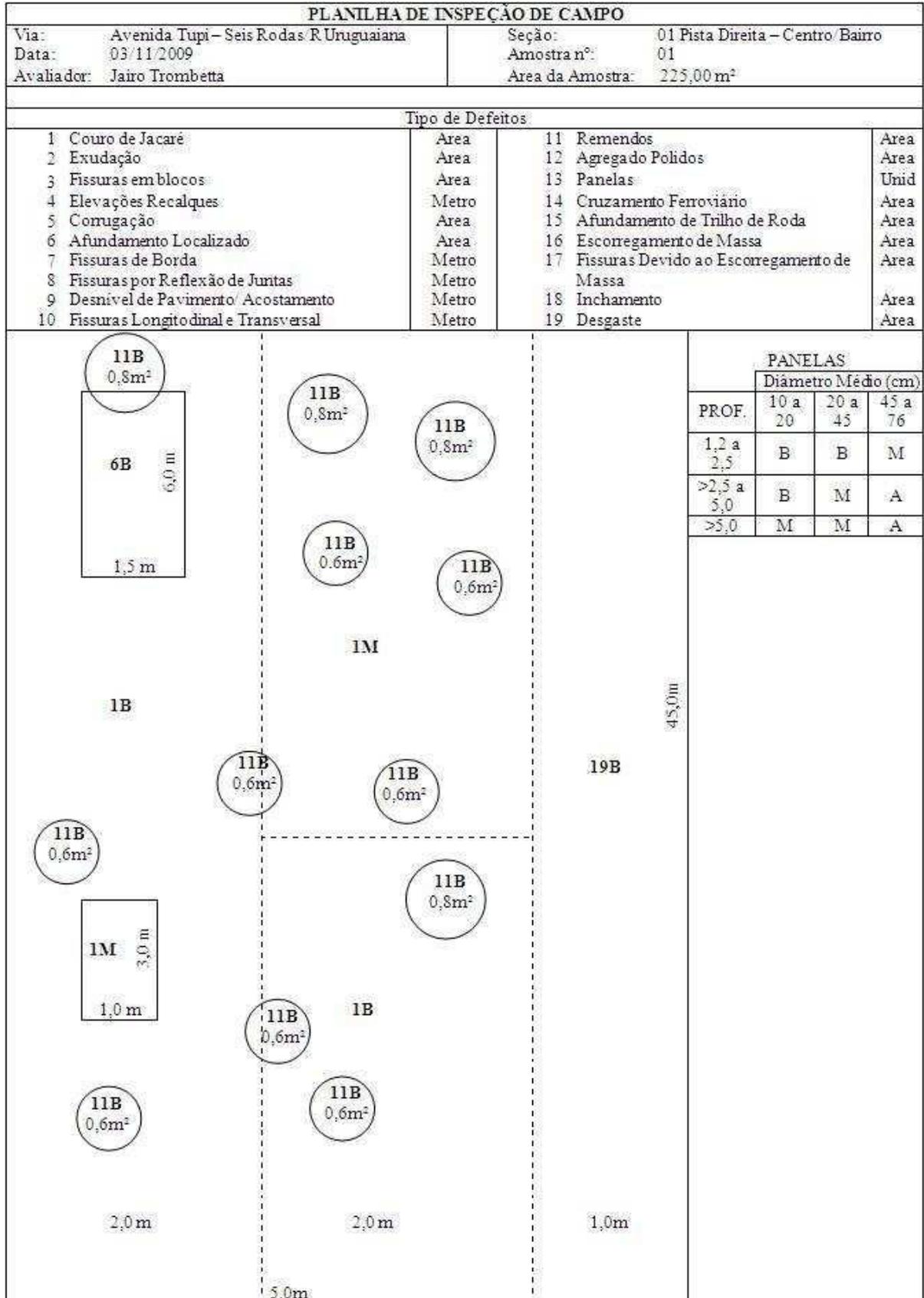


Figura 33 – Planilha de levantamento da seção 1, pista direita

### **4.2.3 Diagnóstico das condições físicas e de operação atuais dos trechos analisados**

#### **4.2.3.1 Determinação do PCI (*Pavement Condition Index*) através da planilha de cálculo com base nos dados levantados**

Transferência dos dados levantados a campo para a planilha a seguir apresentada, na Figuras 34. Assim como para as planilhas de levantamento de dados, do item anterior, aqui também está exposta apenas a planilha referente à seção 1, pista direita. Sendo que para as demais seções os resultados constam no gráfico da Figura 35. Os tipos de defeitos existentes foram quantificados segundo sua severidade e foi calculada a densidade de cada defeito dividindo-se a área afetada pela área total da seção. Com a utilização de curvas calibradas do Anexo 4, obtém-se o valor da dedução para o defeito analisado. A soma de todas as deduções dos defeitos representa o Valor Total de Dedução (TDV). Aplicando-se este valor em combinação com o número total de defeitos (n) no gráfico da Figura 25 do Anexo 4, obtém-se o Valor de Dedução Corrigido (CDV). O valor do PCI é resultado da diminuição do valor 100 (pavimento excelente) pelo valor de dedução corrigido.

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI																					
Via:	Av. Tupi – 6 Rodas/R. Uruguaiana				Seção:	1 Pista direita															
Data:	03/11/2009				Amostra nº:	1															
Avaliador:	Jairo Trombetta				Área da Amostra:	225 m <sup>2</sup>															
Tipos de Defeitos																					
1	Couro de Crocodilo	11	Remendos	Esboço: 																	
2	Exudação	12	Agregado Polidos																		
3	Fissuras em blocos	13	Paneles																		
4	Elevações Recalques	14	Cruzamento Ferroviário																		
5	Corrugação	15	Afundamento de Trilho de Roda																		
6	Afundamento Localizado	16	Escorregamento de Massa																		
7	Fissuras de Borda	17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa																		
8	Fissuras por Reflexão de Juntas	18	Inchamento																		
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento	19	Desgaste																		
10	Fissuras Longitudinal e Transversal																				
Tipos de Defeitos Existentes																					
		1		6		11		19													
Área/ Extensão	Severidade	109,4	B	9	B	8	B	45	B												
		53,6	M																		
Severidade	B	109,4		6		8		45													
	M	53,60																			
	A																				
Cálculo do PCI																					
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		<b>PCI = 100 - CDV</b> 100 - 72 PCI = 28  <b>Condições do Pavimento:</b>  Ruim															
1		48,6	B	53																	
1		23,8	M	62																	
6		4	B	10																	
11		3,6	B	8																	
19		20	B	8																	
<b>Total de Dedução (TDV)</b>				141																	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>				72																	

Figura 34 – Planilha de levantamento da seção 1, pista direita

#### 4.2.3.2 Classificação do trecho analisado com base no índice PCI obtido

O resultado da condição do pavimento obtido na planilha do item anterior está apresentado na Figura 35, para cada seção analisada.

Observa-se:

Nas seções 1 a 5, a classificação do pavimento é Ruim, sendo Muito Ruim nas seções 3 pista esquerda e 4 pista direita.

Da seção 6 a 13, o pavimento apresenta condição variável, atingindo a condição de Muito Bom na seção 6 pista direita; de modo geral nestas seções o resultado mostra um pavimento em condição Regular.

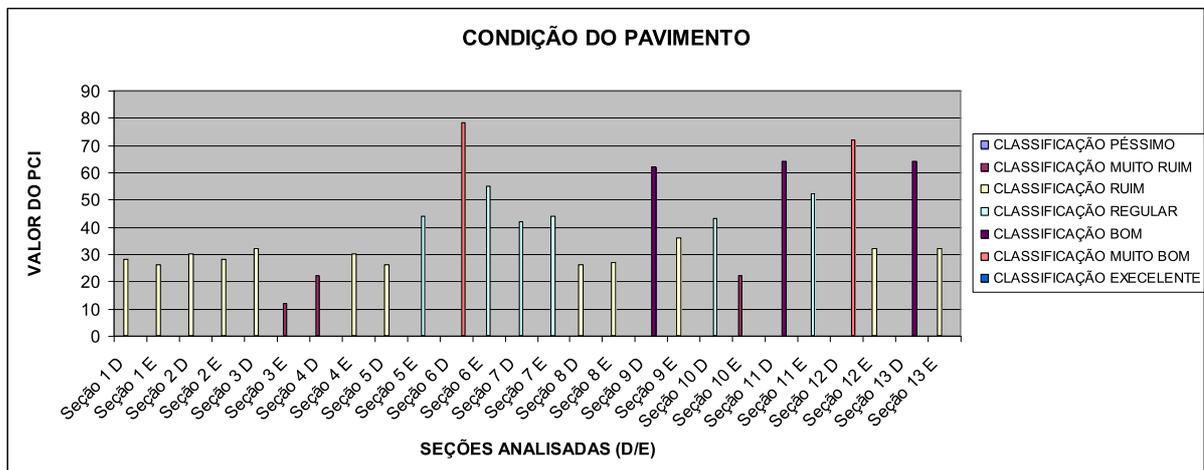


Figura 35 – Classificação das seções conforme valor do PCI



Figura 36 – Foto em primeiro plano da seção 3, classificação do pavimento PCI Ruim

#### 4.2.3.3 Diagnóstico do trecho analisado a partir de sua condição operacional

Foram analisados os defeitos existentes em cada seção e confeccionados gráficos representativos com relação a sua incidência e severidade conforme apresentado abaixo:

- a) Trincas Couro de Crocodilo: A incidência do defeito de Trincas Couro de Crocodilo está apresentada no gráfico da Figura 37.

Observa-se:

Este defeito está presente em toda a extensão do trecho;

A severidade Baixa está presente em um percentual maior da área;

A severidade Alta está presente apenas nas seções 4 pista direita e 7 pista direita, porém em pequena área, o que pode justificar a condição regular apresentada na seção 7 pista direita;

A incidência de trincas de Baixa, Média e Alta severidade em área considerável nas seções 1 à 4 pode justificar o baixo valor do PCI para estas seções.

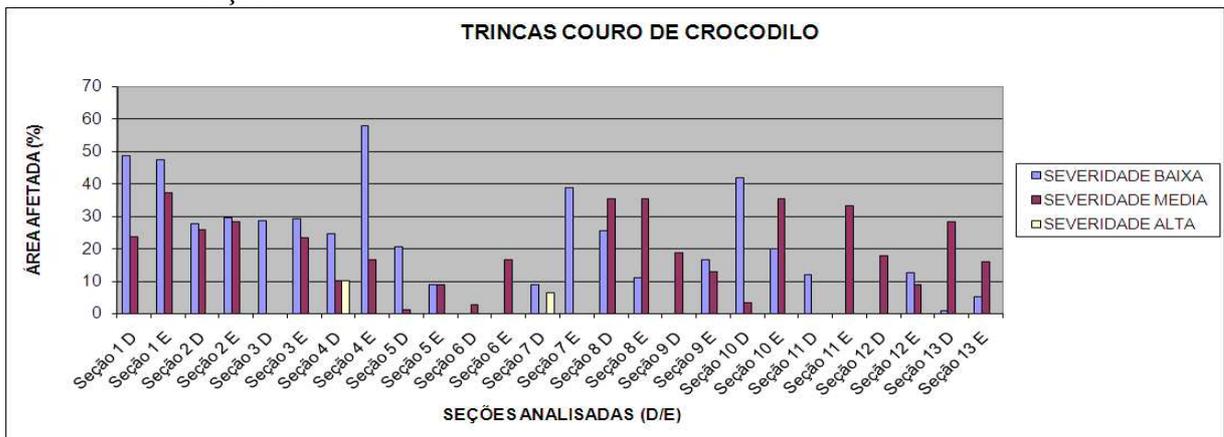


Figura 37 – Incidência de trincas couro de crocodilo



(a)

(b)

Figura 38 – Defeito couro de crocodilo de baixa severidade (a), presente na seção 4; e de alta severidade (b), presente na seção 7



Este defeito está presente apenas nas seções 3, 4 e 5, isto deve-se à existência de pontos de para de ônibus coletivos, o que acaba impondo ao pavimento um esforço horizontal considerável de frenagem e aceleração dos veículos.

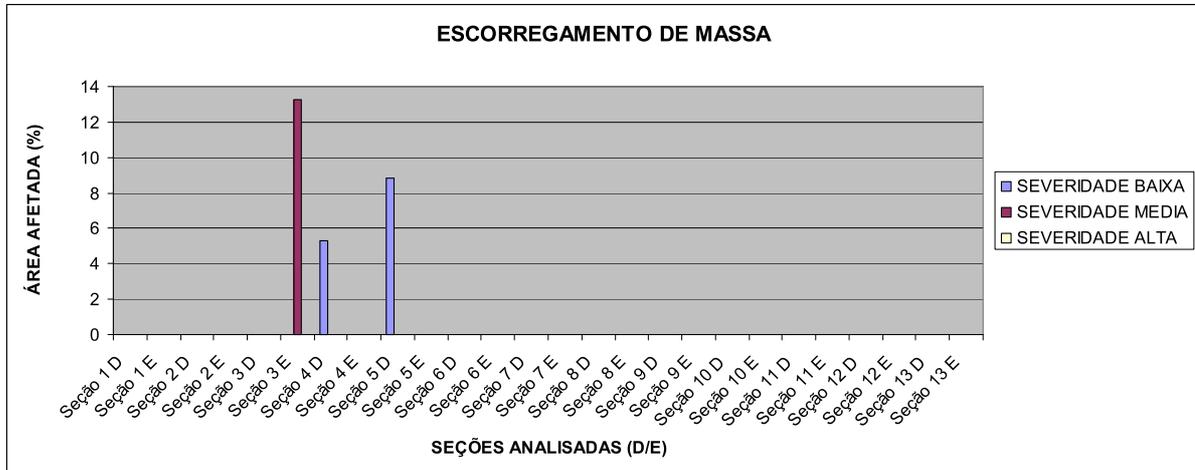


Figura 41 – Incidência de escorregamento de massa



Figura 42 – Defeito escorregamento de massa de baixa severidade (a), presente na seção 5; e de média severidade (b), presente na seção 3

d) Remendos: A incidência do defeito de Remendos está apresentada no gráfico da Figura 43 abaixo.

Observa-se:

Este defeito está presente da seção 1 a 4, aparecendo novamente na seção 7, 9 e 10 e depois no final do trecho. Esta ocorrência denota sucessivas atividades de operações tapa buraco realizada pela Prefeitura Municipal nas manutenções rotineiras.

Os remendos com severidade média das seções 7, 10 e 12 são devido a remendos sobre rasgos no pavimento executados para manutenção em rede de água/esgoto.

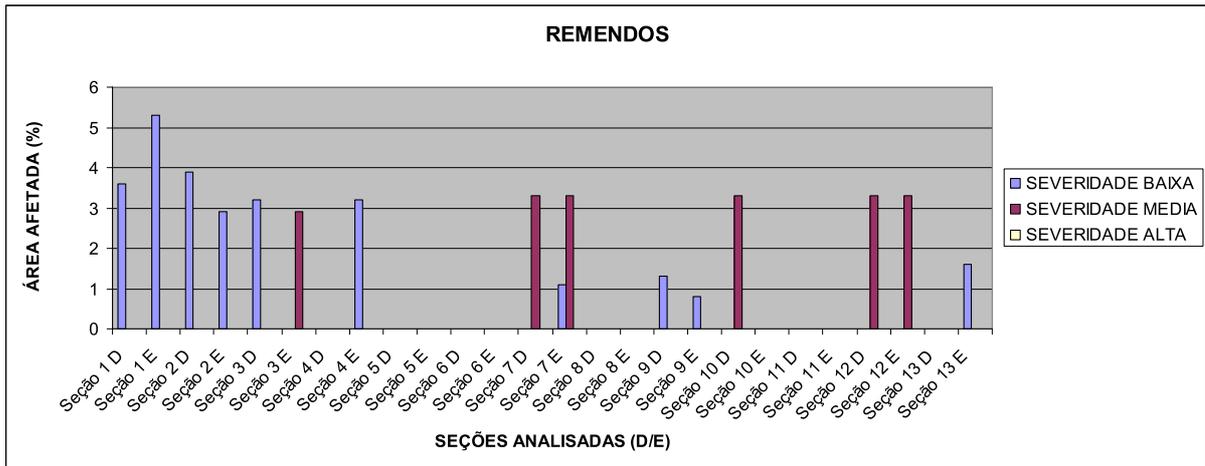


Figura 43 – Incidência de remendos



Figura 44 – Remendo de baixa severidade (a), presente na seção 9; e remendo de média severidade (b), presente na seção 12

e) Panelas: A incidência do defeito de Panelas está apresentada no gráfico da Figura 45.

Observa-se:

Este é um tipo de defeito localizado e está presente nas seções 2 pista esquerda e 10 pista esquerda.

Este defeito afeta consideravelmente a condição funcional do pavimento e tem processo de crescimento rápido com o tráfego e condições climáticas; requerendo intervenção urgente; ao mesmo tempo, em que pese a grande importância da intervenção, a mesma é de fácil execução, baixo custo e, geralmente não requer longa interrupção do trânsito.

Este tipo de informação é de extrema importância para o gestor da malha viária, pois localiza com precisão o local do defeito e a magnitude da intervenção necessária.

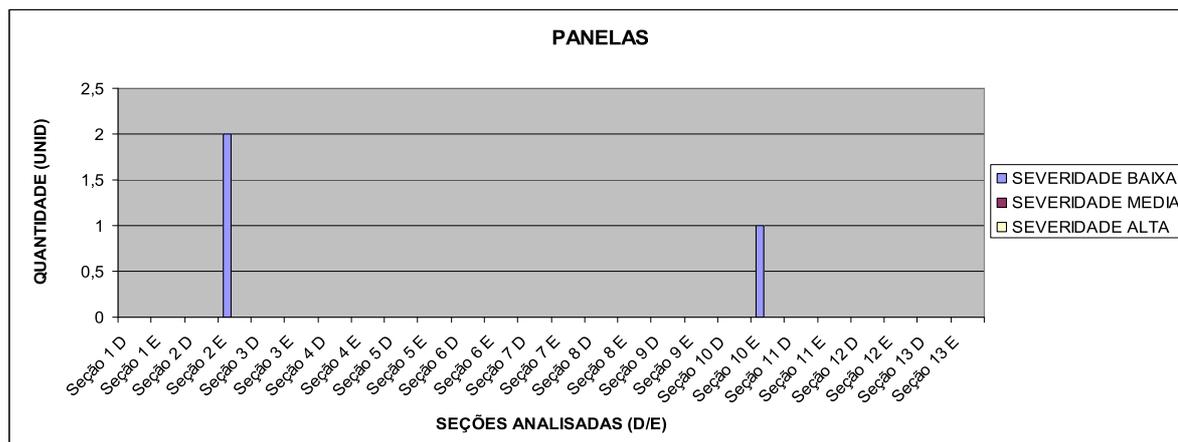


Figura 45 – Incidência de panelas

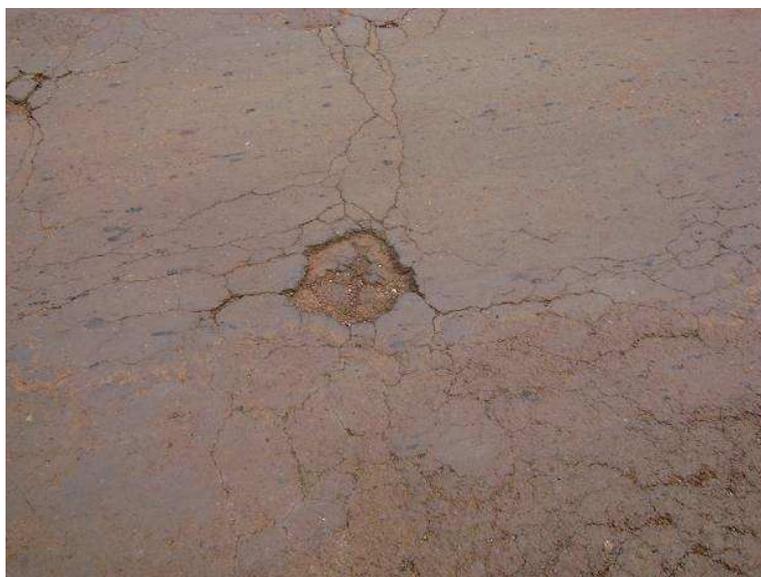


Figura 46– Panela de baixa severidade (diâmetro de 20 cm a 45 cm, profundidade de 1,2 cm a 2,5 cm), presente na seção 10

- f) Desgaste: a incidência do defeito de Desgaste está apresentada no gráfico da Figura 47.

Observa-se:

Este tipo de defeito está presente em praticamente toda a extensão do trecho, com severidade Baixa e, em percentual de área maior no final do trecho. Esta ocorrência possivelmente denota que neste trecho não foi aplicado procedimento de conservação periódica, capa selante ou lama asfáltica, a muito tempo; com isso a ação de abrasão dos pneumáticos e o intemperismo deixam expostos os agregados do revestimento, acelerando o processo de degradação do pavimento.

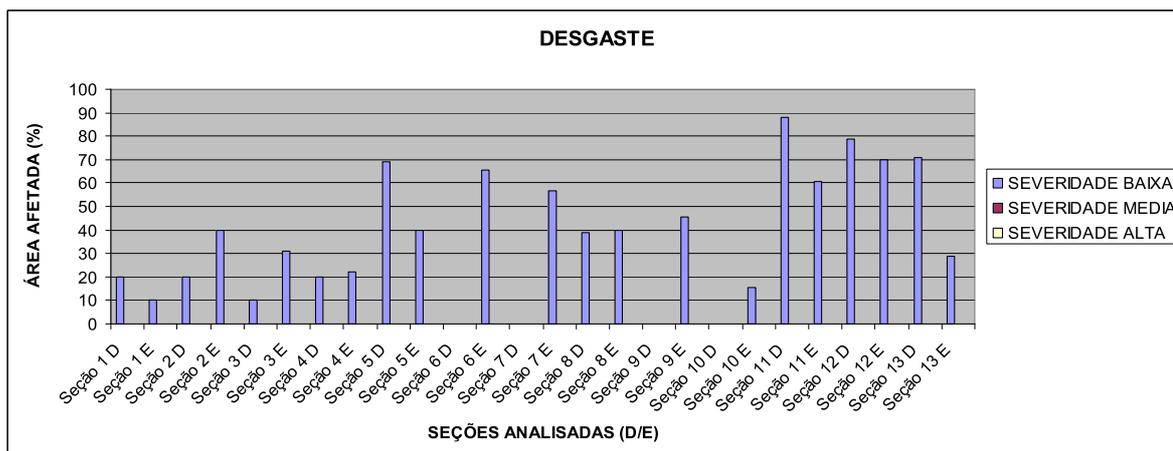


Figura 47 – Incidência de desgaste

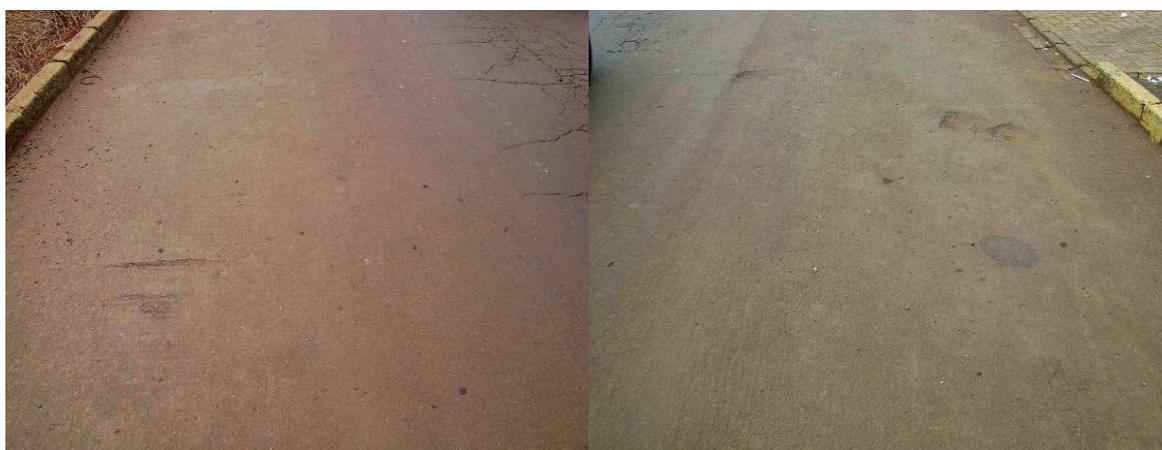


Figura 48– Desgaste de baixa severidade, presente em praticamente todas as seções do trecho

#### 4.2.3.4 Análise das medidas de manutenção aplicáveis

Conforme item 2.6.3 (Árvores de decisão para atividades de manutenção e restauração) deste trabalho, para cada defeito, severidade e extensão existe uma ou mais medidas de manutenção passíveis de aplicação. A definição da medida a ser adotada está relacionada à estratégia de manutenção adotada pelo órgão administrador da via. Neste Trecho 1 analisado, cujo o tráfego é Pesado, observa-se a incidência dos seguintes defeitos, cujas medidas de manutenção aplicáveis poderiam ser as seguintes:

- a) Trincas Couro de Crocodilo: para locais de baixa severidade, baixa extensão a priori não necessitariam de manutenção momentânea; para baixa severidade e grande extensão, uma capa selante seria suficiente; em locais de severidade média e extensão pequena aplicar capa selante; em locais de severidade média e grande extensão se faz necessária a aplicação de lama asfáltica; em locais de alta severidade é necessária execução de remendo localizado.

- b) Desgaste: conforme o gráfico da Figura 46, o desgaste aparece em praticamente toda a extensão do Trecho 1 analisado. O indicado seria aplicação de lama asfáltica para o rejuvenescimento do pavimento protelando o aparecimento de fissuras e desagregações.
- c) Como um todo, o Trecho 1 analisado, apresenta pontos localizados com médias e altas severidades requerendo a execução de remendos definitivos. Como incidência de remendos existentes, frutos de sucessivas operações de tapa buraco, estabelece uma condição irregular no pavimento, uma medida de manutenção aplicável seria a fresagem parcial do revestimento após os remendos, e a execução de recapeamento, observando-se a condição de possível reflexão de juntas. Este tratamento dotaria o Trecho com um pavimento de boa serventia por um longo período de tempo, evitando-se pequenas intervenções paliativas.

#### 4.2.3.5 Escolha da medida proposta através da árvore de decisão

Através do diagnóstico apresentado para cada seção, o Quadro 16 apresenta uma proposta de medidas de intervenção baseada nas árvores de decisão apresentadas no Capítulo 2. A codificação dos defeitos corresponde ao especificado no Quadro 5, e as letras B, M e A referem-se à severidade do defeito, Baixa, Média e Alta, respectivamente.

Seções	Defeito Predominante	Intervenção de Manutenção	Solução de Manutenção
Seção 1 direita	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 1 esquerda	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 2 direita	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 2 esquerda	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 3 direita	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 3 esquerda	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 4 direita	CR/B e A; FB/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 4 esquerda	CR/B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 5 direita	CR/B e A; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
			Continua...

Continuação...			
Seção 5 esquerda	CR/B e M; FB/B; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 6 direita	CR/M; FB/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 6 esquerda	CR/M; FB/B; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 7 direita	CR/M e A; FB/B; R/M	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 7 esquerda	CR/M; P/B e M; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 8 direita	CR/B e M; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 8 esquerda	CR/ B e M; FB/M; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 9 direita	CR/M; R/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 9 esquerda	CR/B e M; FB/M; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 10 direita	CR/B e M; R/M	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 10 esquerda	CR/ B e M; F/B e M; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 11 direita	CR/B; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 11 esquerda	CR/M; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 12 direita	FB/M; R/M; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 12 esquerda	CR/ B e M; R/M; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento
Seção 13 direita	CR/B e M; D/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 13 esquerda	CR/ B e M; R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + Recapeamento

Quadro 16 – Propostas de intervenção para manutenção do trecho 1

### 4.3 ANÁLISE DO TRECHO 2

#### 4.3.1 Classificação da via em função do tráfego

O volume de tráfego diário foi levantado *in loco* em planilhas próprias, conforme Figuras 3 e 4 do Anexo 1. Observando-se que o maior volume de tráfego de ônibus e caminhões foi constatado no sentido Bairro-Centro, pista esquerda (Figura 4, Anexo 1).

A via foi classificada em função do número equivalente (N) de operações de um eixo padrão, conforme item 2.1.2.2 (Classificação em função do volume de tráfego), com a aplicação da fórmula (1), considerando-se um período de projeto (P) de 10 anos e um crescimento anual de 5% (Quadro 1), obtendo-se o seguinte resultado:

$$N = 365 \cdot VDMc \cdot \frac{(1+P.t)^2-1}{2.t} \cdot Fv \cdot Fr \quad (1)$$

$$N = 365 \times 59 \times \frac{(1+12 \times 0,05)^2-1}{2 \times 0,05} \times 1,5 \times 1,0$$

$$N = 5,03 \times 10^5 \text{ operações de eixo padrão}$$

Com isso, conforme Quadro 1 a via é classificada como Via Coletora Principal de Tráfego Meio Pesado.

#### 4.3.2 Levantamento *in loco* dos dados e ocorrências do trecho 2 selecionado

O Trecho 2 identificado no item 4.1.1 foi dividido em 15 seções de análise com área de 5,0x45,0m (225 m<sup>2</sup>) e, aplicado o procedimento metodológico descrito na Fase 1.2 para cada uma das seções e, para os dois sentidos do tráfego.

A Figura 49 apresenta planilha de inspeção de campo, conforme Anexo 2, para a seção 1, pista esquerda. O mesmo procedimento foi aplicado para as demais 14 seções, tanto para a faixa a esquerda (fluxo bairro/centro) como para a faixa a direita (fluxo centro/bairro); as planilhas relativas a estas seções não constam da presente dissertação, porém os dados levantados foram considerados para aplicação na respectiva planilha de cálculo do PCI da seção e os resultados constam no gráfico da Figura 51.

Através de vistoria no local, definiu-se o tipo de defeito observado, sua severidade e dimensões, conforme orientações do Quadro 4 e do Apêndice A.

As informações foram registradas na planilha de inspeção de campo, conforme segue:

LEVANTAMENTO DO PCI - PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO																												
Via:	Rua Itabira (entre R Parana a R Caetano M da Rocha)	Seção:	01 E																									
Data:	20/1/2010	Amostra																										
Avaliador:	Jairo Trombetta	Área da Amostra:	225 m <sup>2</sup>																									
Tipo de Defeitos																												
1 Couro de Jacaré	Área	11 Remendos	Área																									
2 Exudação	Área	12 Agregado Polidos	Área																									
3 Fissuras em blocos	Área	13 Pannels	Unid.																									
4 Elevações Recalques	Metro	14 Cruzamento Ferroviário	Área																									
5 Corrugação	Área	15 Afundamento de Trilho de Roda	Área																									
6 Afundamento Localizado	Área	16 Escorregamento de Massa	Área																									
7 Fissuras de Borda	Metro	17 Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa	Área																									
8 Fissuras por Reflexão de Juntas	Metro	18 Inchamento	Área																									
9 Desnível de Pavimento/ Acostamento	Metro	19 Desgaste	Área																									
10 Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PANELAS</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="3">Diâmetro Médio (cm)</th> </tr> <tr> <th>PROF.</th> <th>10 a 20</th> <th>20 a 45</th> <th>45 a 76</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2 a 2,5</td> <td>B</td> <td>B</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>&gt;2,5 a 5,0</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>&gt;5,0</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>					PANELAS					Diâmetro Médio (cm)			PROF.	10 a 20	20 a 45	45 a 76	1,2 a 2,5	B	B	M	>2,5 a 5,0	B	M	A	>5,0	M	M	A
PANELAS																												
	Diâmetro Médio (cm)																											
PROF.	10 a 20	20 a 45	45 a 76																									
1,2 a 2,5	B	B	M																									
>2,5 a 5,0	B	M	A																									
>5,0	M	M	A																									

Figura 49 – Planilha de levantamento da seção 1, pista esquerda

### **4.3.3 Diagnóstico das condições físicas e de operação atuais dos trechos analisados**

#### **4.3.3.1 Determinação do PCI (*Pavement Condition Index*) através da planilha de cálculo com base nos dados levantados**

Transferência dos dados levantados a campo para as planilhas de cálculo do PCI conforme demonstrado na Figura 50. Assim como para as planilhas de levantamento de dados, do item anterior, aqui também está exposta apenas a planilha referentes a seção 1, pista esquerda. Sendo para as demais seções os resultados constam no gráfico da Figura 51. Os tipos de defeitos existentes foram quantificados segundo sua severidade e foi calculada a densidade de cada defeito dividindo-se a área afetada pela área total da seção. Com a utilização de curvas calibradas do Anexo 4, obtém-se o valor da dedução para o defeito analisado. A soma de todas as deduções dos defeitos representa o Valor Total de Dedução (TDV). Aplicando-se este valor em combinação com o número total de defeitos (n) no gráfico da Figura 25 do Anexo 4, obtém-se o Valor de Dedução Corrigido (CDV). O valor do PCI é resultado da diminuição do valor 100 (pavimento excelente) pelo valor de dedução corrigido.

PLANILHA DE CALCULO DO PCI												
Via:	Rua Itabira (entre R Parana a R Caetano M da Rocha)					Seção:	01 E					
Data:	20/1/2010					Amostra						
Avaliador:	Jairo Trombetta					Area da Amostra:	225 m <sup>2</sup>					
Tipos de Defeitos												
1	Couro de Jacaré				11	Remendos				Esboço: 		
2	Exudação				12	Agregado Polidos						
3	Fissuras em blocos				13	Painéis						
4	Elevações Recalques				14	Cruzamento Ferroviário						
5	Corrugação				15	Afundamento de Trilho de Roda						
6	Afundamento Localizado				16	Escorregamento de Massa						
7	Fissuras de Borda				17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa						
8	Fissuras por Reflexão de Juntas				18	Inchamento						
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento				19	Desgaste						
10	Fissuras Longitudinal e Transversal											
Tipos de Defeitos Existentes												
Área/ Extensão	Severidade	1	3	11								
		25	B	20	B	2,5	M					
rida de	B	24		20								
	M					2,5						
	A											
Cálculo do PCI												
Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor de dedução	PCI = 100 - CDV								
1	11	B	32	100 - 32								
3	8	B	8	PCI = 68								
11	1,1	M	10									
<b>Toal de Dedução (TDV)</b>			50	<b>Condições do Pavimento:</b>  Bom								
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			32									

Figura 50 – Planilha de cálculo do PCI da seção 1, pista esquerda

#### 4.3.3.2 Classificação do trecho analisado com base no índice PCI obtido

O resultado da condição do pavimento obtido na planilha do item anterior está apresentado no gráfico da Figura 51, para cada seção analisada.

Observa-se:

Nas seções 1 a 3, a classificação do pavimento é Bom e Muito Bom, sendo na seção 3 pista esquerda a condição cai para Ruim devido a existência de uma área de trincas de couro de crocodilo de alta severidade.

Da seção 4 a 7, o pavimento apresenta condição variável, de Ruim, Muito Ruim e Regular, observando-se a incidência de remendos generalizados, oriundos de seguidas operações de tapa buraco ao longo dos últimos anos. Também a ocorrência de desgaste elevado pela oxidação do ligante.

Da seção 8 a 10, o pavimento apresenta condição variável, de Regular a Bom, os remendos são mais uniformes e a oxidação do ligante é menor que os demais trechos.

Observa-se da seção 10 em diante que o pavimento está mais degradado, com muitos remendos, trincos couro de crocodilo e panelas, ainda pequenas porém profundas, indicando uma situação de Ruim, Muito Ruim e Péssimo para o pavimento.

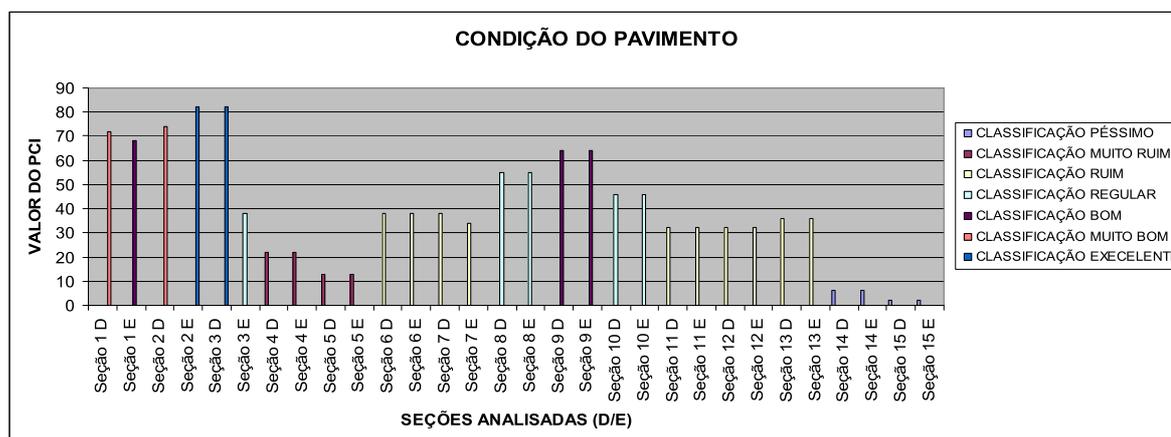


Figura 51 – Classificação das seções conforme valor do PCI



Figura 52 – Foto em primeiro plano da seção 8, classificação do pavimento PCI Regular

#### 4.3.3.3 Diagnóstico do trecho analisado a partir de sua condição operacional

Foram analisados os defeitos existentes em cada seção e confeccionados gráficos representativos com relação a sua incidência e severidade conforme apresentado abaixo:

Trincas Couro de Crocodilo: A incidência do defeito de Trincas Couro de crocodilo está apresentada no gráfico da Figura 53.

Observa-se:

Este defeito está presente no começo do trecho com baixa severidade e na parte final com alta e média severidade;

A severidade Baixa das seções iniciais e, a não existência de outros defeitos mais graves acusa uma boa condição do pavimento destas seções;

As severidades Alta e Média, aliadas a existência de outros defeitos resultam numa condição de Ruim à péssimo nas seções finais do trecho.

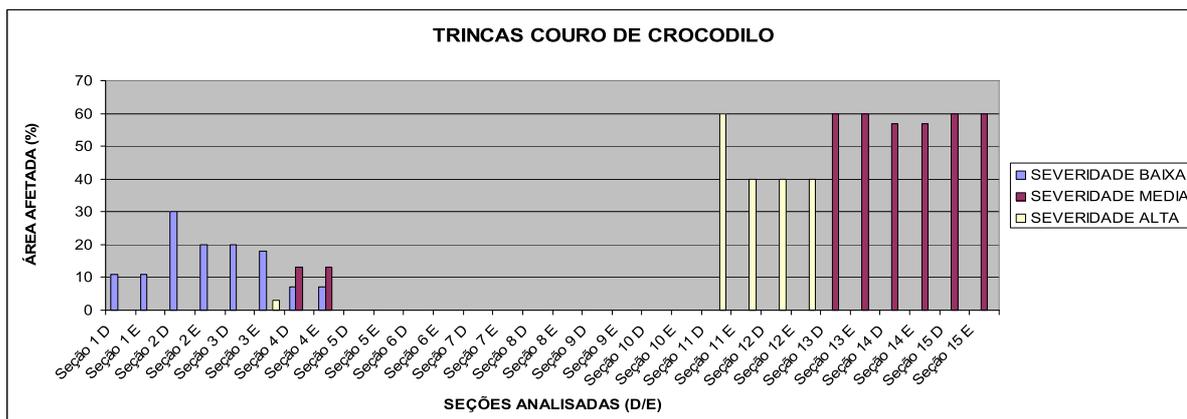


Figura 53 – Incidência de trincas couro de crocodilo



Figura 54 – Defeito couro de crocodilo de baixa severidade (a), presente na seção 1 e 2; e de média severidade (b), presente nas seções 13, 14 e 15

Fissura em bloco: A incidência do defeito de Fissuras em Blocos está apresentada no gráfico da Figura 55.

Observa-se:

Este defeito está presente em uma área pequena e de Baixa severidade apenas nas seções 1 e 2;

Nas demais seções este defeito ou não foi observado ou as trincas evoluíram de tal forma que se aproximaram umas das outras e o defeito foi considerado como couro de crocodilo.

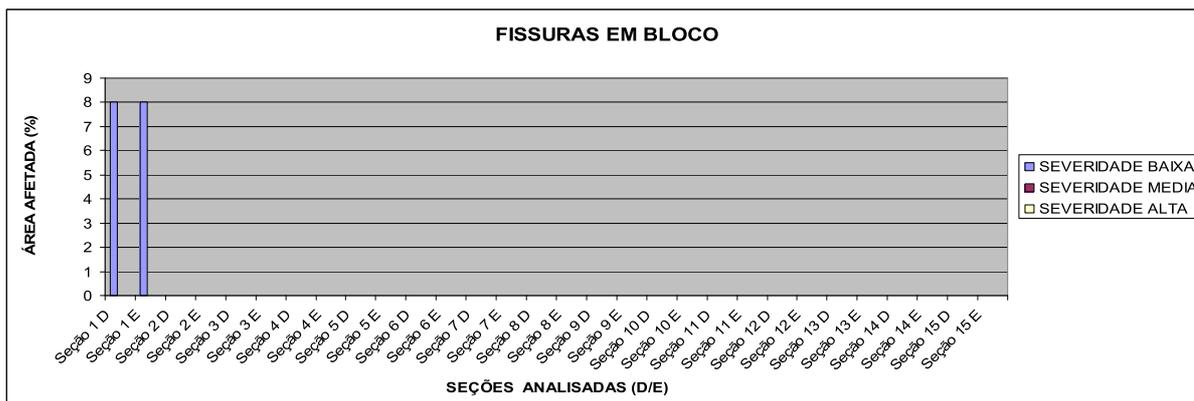


Figura 55 – Incidência de fissuras em bloco



Figura 56 – Defeito fissuras em bloco de baixa severidade, presente na seção 1

g) Remendos: A incidência do defeito de Remendos está apresentada no gráfico da Figura 57.

Observa-se:

Este defeito está presente da seção 6 a 10, aparecendo na seção 1 em forma de remendo por intervenção de rede de água (abrange pouca área). Esta ocorrência denota sucessivas atividades de operações tapa buraco realizadas pela Prefeitura Municipal nas manutenções rotineiras.

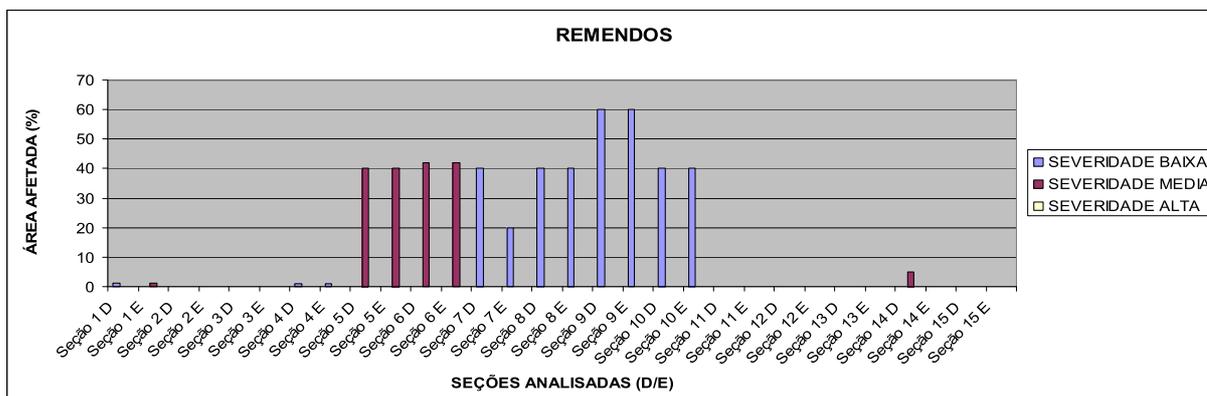


Figura 57 – Incidência de remendos



Figura 58– Remendo de média severidade (a), presente na seção 6; e remendo de baixa severidade (b), presente no trecho 19

- h) Panelas: A incidência do defeito de Panelas está apresentada no gráfico da Figura 59.

Observa-se:

Este é um tipo de defeito localizado e está presente nas seções 7, 14 e 15.

Geralmente este defeito é uma evolução das trincas couro de crocodilo, que aumentam sua largura, ocorre infiltração de água e erosão das bordas da fenda até formar uma cavidade no pavimento que se fragiliza no local e aumenta com o passar do tráfego.

Este defeito afeta consideravelmente a condição funcional do pavimento e tem processo de crescimento rápido com o tráfego e condições climáticas; requerendo intervenção urgente; ao mesmo tempo, em que pese a grande importância da intervenção, a mesma é de fácil execução, baixo custo e, geralmente não requer longa interrupção do trânsito.

Este tipo de informação é de extrema importância para o gestor da malha viária, pois localiza com precisão o local do defeito e a magnitude da intervenção necessária.

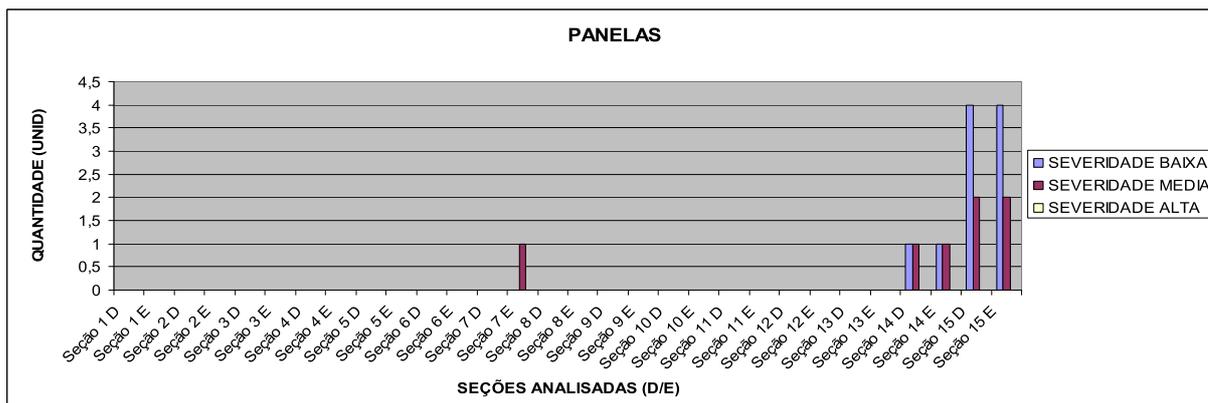


Figura 59 – Incidência de panelas

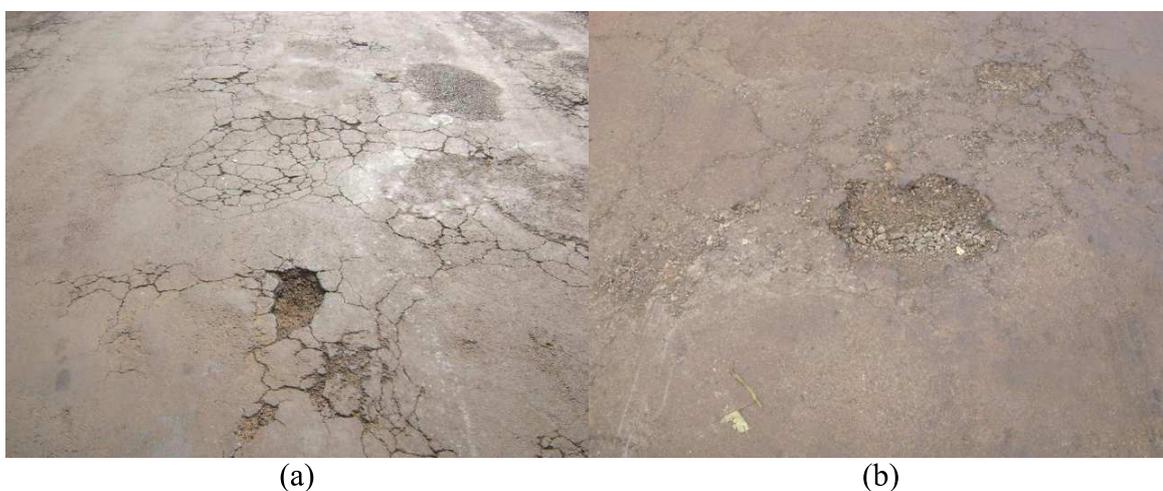


Figura 60 – Panela com diâmetro até 20 cm com profundidade maior que 5 cm (a), média severidade, presente na seção 7; e, panela com diâmetro de 20 cm a 45 cm com profundidade de 2,5 cm a 5 cm (b), média severidade, presente na seção 14

- i) Desgaste: A incidência do defeito de Desgaste está apresentada no gráfico da Figura 61.

Observa-se:

Este tipo de defeito está presente em praticamente toda a extensão do trecho exceto nas 3 primeiras seções, com severidade Baixa, Média e Alta. Desgaste de Alta severidade bem localizados nas seções 6 e 7; Baixa nas seções 10 a 12 e Baixa com locais de Média nas seções finais. Esta ocorrência possivelmente denota que neste trecho não foi aplicado procedimento de conservação periódica, capa selante ou lama asfáltica, a muito tempo; com isso a ação de abrasão dos pneumáticos e o intemperismo deixam expostos os agregados do revestimento, acelerando o processo de degradação do pavimento.

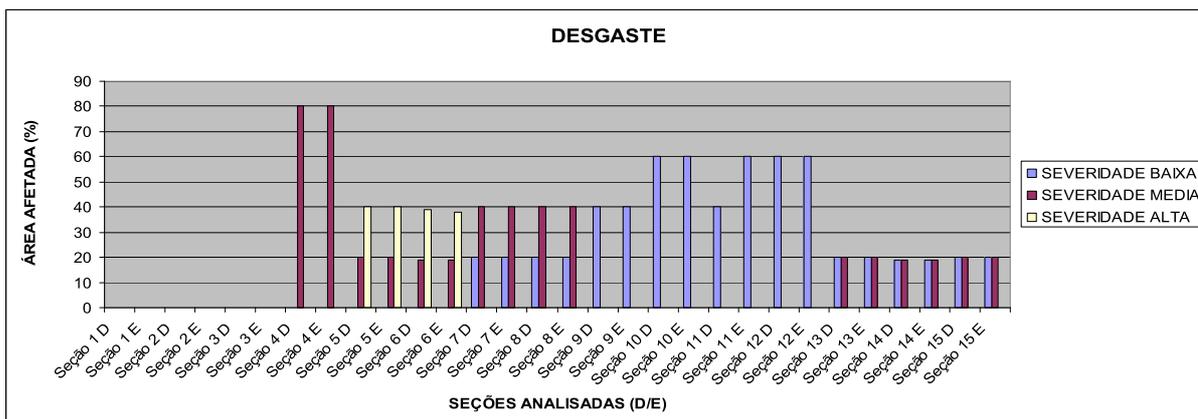


Figura 61 – Incidência de desgaste



Figura 62 – Desgaste de média severidade (a), presente na seção 10; e alta severidade (b), presente na seção 4

#### 4.3.3.4 Análise das medidas de manutenção aplicáveis

Conforme item 2.6.3 (Árvores de decisão para atividades de manutenção e restauração) deste trabalho, para cada defeito, severidade e extensão existe uma ou mais medidas de manutenção passíveis de aplicação. A definição da medida a ser adotada está relacionada à estratégia de manutenção adotada pelo órgão administrador da via. Neste Trecho 2 analisado, cujo o tráfego é Médio, observa-se a incidência dos seguintes defeitos, cujo medidas de manutenção aplicáveis poderiam ser as seguintes:

- d) Trincas Couro de Crocodilo: para locais de baixa severidade, baixa extensão, a priori não necessitariam de manutenção momentânea; para baixa severidade e grande extensão, uma capa selante seria suficiente; em locais de severidade média e extensão pequena aplicar capa selante; em locais de severidade média e grande extensão se faz necessária a aplicação de lama asfáltica; em locais de alta severidade é necessário execução de remendo localizado.

- e) Desgaste: conforme o gráfico da Figura 60, o desgaste aparece em praticamente toda a extensão do Trecho 2 analisado. O indicado seria aplicação de lama asfáltica para o rejuvenescimento do pavimento, porém para locais onde o desgaste é alto, será necessário aplicação de MRA para formar uma camada de proteção para os agregados expostos.
- f) Como um todo, o Trecho 2 analisado, apresenta pontos localizados com médias e altas severidades requerendo a execução de remendos definitivos. Como incidência de remendos existentes, frutos de sucessivas operações de tapa buraco, estabelece uma condição irregular no perfil do pavimento, uma medida de manutenção aplicável seria a fresagem parcial do revestimento execução de remendos localizados, e a execução de microrrevestimento asfáltico (MRA) de aproximadamente 4 cm, observando-se a condição de possíveis reflexões de juntas. Para a seção 1 executar-se-ia um remendo localizado no local da intervenção com a rede de água e após, nas seções 1, 2 e até metade da seção 3, a execução de selagem com lama asfáltica. Este tratamento dotaria o Trecho 2 com um pavimento de boa serventia por um longo período de tempo. A previsto do desempenho do pavimento ao longo do tempo, requer a aplicação de modelo de previsão de desempenho que leve em conta a condição estrutural do pavimento, a condição funcional com a implantação da intervenção prevista e as condições de tráfego atuais e futuras.

#### **4.3.3.5 Escolha da medida proposta através da árvore de decisão**

Através do diagnóstico apresentado para cada seção, o Quadro 17 apresenta uma proposta de medidas de intervenção baseada nas árvores de decisão apresentadas no Capítulo 2. A codificação dos defeitos corresponde ao especificado no Quadro 5, e as letras B, M e A referem-se à severidade do defeito, Baixa, Média e Alta respectivamente.

Seções	Defeito Predominante	Intervenção de Manutenção	Solução de Manutenção
Seção 1 direita	CR/B; B/B; R/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 1 esquerda	CR/B; B/B; R/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 2 direita	CR/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 2 esquerda	CR/B	Manutenção periódica	Remendos localizados + lama asfáltica
Seção 3 direita	CR/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 3 esquerda	CR/B e A	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 4 direita	CR/B e M; R/B; D/M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 4 esquerda	CR/B e M; R/B; D/M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 5 direita	R/M; D/M e A	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 5 esquerda	R/M; D/M e A	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 6 direita	R/M; D/M e A	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 6 esquerda	R/M; D/M e A	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 7 direita	R/B; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 7 esquerda	R/B; P/M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 8 direita	R/B; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 8 esquerda	R/B; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 9 direita	R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 9 esquerda	R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 10 direita	R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 10 esquerda	R/B; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 11 direita	CR/A; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 11 esquerda	CR/A; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 12 direita	CR/A; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 12 esquerda	CR/A; D/B	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 13 direita	CR/A; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 13 esquerda	CR/M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 14 direita	CR/M; R/M; P/B e M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 14 esquerda	CR/M; P/B e M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 15 direita	CR/M; P/B e M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA
Seção 15 esquerda	CR/M; P/B e M; D/B e M	Restauração	Remendos localizados + FR + MRA

Quadro 17 – Propostas de intervenção para manutenção do Trecho 2

#### 4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando-se a aplicação do método de avaliação e os resultados obtidos, pode-se destacar que:

- O método de avaliação aplicado (PCI) mostrou-se bastante eficiente e realista em retratar a condição do pavimento, notadamente a condição funcional, embora não existam levantamentos comparativos realizados;

- O procedimento de avaliação indicado neste trabalho pode ser implementado por equipe de técnicos com treinamento específico, porém sem a necessidade de equipamentos onerosos, o que torna a tarefa viável para prefeituras de pequeno e médio porte, como é o caso de Pato Branco. Já a parte de diagnóstico e definição da estratégia depende de técnicos experientes e com conhecimento e orientação da política adotada pela prefeitura municipal, volume de recursos disponíveis entre outros aspectos;
- A aplicação do método revela a condição atual do pavimento, requerendo levantamentos sistemáticos e periódicos para se obter um monitoramento eficaz da malha viária, que represente a evolução das degradações e os incrementos da serventia fruto das intervenções, durante o ciclo de vida do pavimento, capaz de subsidiar o estabelecimento uma política de manutenção dos pavimentos.
- O método do PCI se vale de observações detalhadas trecho a trecho da via. Isso o torna um método eficiente na obtenção de um diagnóstico realista, porém o tempo demandado para a sua aplicação em uma área abrangente é muito grande e, pode prejudicar o funcionamento de todo o sistema. Para se corrigir este fato em um sistema de gerência de pavimentos, aplicando-se uma avaliação subjetiva no conjunto da malha viária, em nível de rede, por ser um método mais expedito com respostas indicativas da condição dos pavimentos em curto espaço de tempo.
- Com o diagnóstico da condição dos pavimentos fornecida através da avaliação subjetiva, nos trechos cujo diagnóstico apontar para a existência de uma condição desfavorável, aplica-se o método do PCI, em nível de projeto, para se obter a caracterização dos defeitos e a definição das atividades de manutenção e/ou restauração pertinentes.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 CONCLUSÕES

Avaliar os pavimentos de uma malha viária requer que se estabeleça um método adequado e uma sistemática padronizada. É fundamental que a equipe avaliadora estabeleça claramente os conceitos adotados na descrição de cada defeitos nos pavimentos. Este trabalho revelou que a malha viária urbana carece de um banco de dados, com o histórico, a descrição do tipo de pavimento, dados geométricos, extensões, entre outros aspectos. A montagem de um cadastro confiável pode exigir muitos esforços e um custo considerável, porém o monitoramento da malha viária, em avaliações futuras e periódicas seriam facilitadas e com maior objetividade. O levantamento utiliza planilhas de identificação e caracterização das diversas seções dos trechos, o que possibilita uma análise completa de toda a malha viária; a utilização de métodos computacionais com auxílio de relatório fotográfico facilita o levantamento periódico e o monitoramento das vias.

Avaliação dos pavimentos com a aplicação do método aqui apresentado (PCI) revelou-se muito eficiente e retrata de forma concreta e realista a condição funcional do pavimento, além de dar bons indicativos da condição estrutural da via, o que subsidia os gestores da malha viária, na tomada de decisões sobre as intervenções a serem implementadas.

O diagnóstico da condição do pavimento permite a análise das conseqüências da adoção das diversas alternativas de intervenção, sobre tudo na condição futura da via e no custo resultante da alternativa escolhida, com a necessidade de materiais e equipamentos específicos para cada situação. Conclui-se que um diagnóstico conforme apresentado neste trabalho é de grande valia para o gestor da infraestrutura viária, uma vez que fica explicitado o estado atual do pavimento em termos da condição funcional. Inclusive com informações sobre localização, severidade e extensão dos defeitos, proporcionando condições de estimativas de custo para contratação dos serviços ou indicativo de gastos, através da quantificação dos serviços necessários, para elaboração de planos plurianuais de investimentos.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros que venham ao encontro do interesse desta pesquisa, sugere-se que as seguintes questões sejam analisadas:

- Adoção de procedimentos que possibilitem a avaliação da estrutura do pavimento, melhorando as condições de diagnóstico e permitindo aplicação de intervenções mais seguras sob o ponto de vista de eficácia;
- Melhor análise e consideração das condições de drenagem do pavimento no diagnóstico;
- Implementação de modelos de pesquisa de desempenho e forma de monitoramento do pavimento durante o seu ciclo de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. AASHTO Guidelines for Pavement Management System – American Association of State Highway and Transportation Officials – Washington –DC/USA, 1990.

APS, M.; BALBO, J.; SEVERI, A. A. Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI. In: Reunião Anual de Pavimentação, 31<sup>a</sup>., 1998. São Paulo, **Anais...**Rio de Janeiro: ABPV, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Classificação viária nacional na modalidade rodoviária**. NBR 6973. 1976.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO (ABEDA). **Manual básico de emulsões asfálticas**. São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Sistema Viário Nacional da Modalidade Rodoviária**. NBR 6973/1983, Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/Index.html>>. Acesso em: fevereiro. 2010.

BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**. Materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2007). **Municípios**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: abr. 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **Terminologia e Classificação de Pavimentação**. NBR 7207/1982, Rio de Janeiro 1982.

BRASIL, Departamento Nacional de e Estradas e Rodagem (DNER). PRO 164/94. **Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter)** - Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Norma 007/2003 – PRO. **Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Norma DNIT 003/2003-PRO. **Avaliação subjetiva de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Norma 006/2003-PRO. **Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BOURAHILI, Abdelkader. **Caracterização das condições do pavimento das vias urbanas, para sistemas de gerência a nível de rede**. Distrito Federal, 1997. (ENC/FT/UnB, Transportes Urbanos, 1997).

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. The pavement serviceability – performance concept. **Highway Research Board**. 1960.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: Aplicação á rede viária de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, URGs, Porto Alegre: 2004.

Federation of Canadian Municipalities and National Research Council. **Guidelines for Sealing and Filling Cracks in Asphalt Concrete Pavement**. 1 ed. 2003.

FERNANDES JUNIOR, J. L. **Sistema de gerência de pavimentos** (2004). Disponível em: <<http://sistemas.usp.br:8080/fenixweb/fexDisciplina?sgldis=STT5866>>. Acesso em: 03 mar. 2009.

FERNANDES JUNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Paulo, Departamento de Transportes. São Carlos: 2006.

GONÇALVES, F. J. P. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos**: ferramentas auxiliares. Passo Fundo: Ed. Universidade, 2007.

HAAS, R.; HUDSON, W. R. **Infrastructure Management: integrating design, construction, maintenance, rehabilitation, and renovation**. McGraw- Hill, 1997.

HAAS, R.; HUDSON, W. R. **Pavement management system**. McGraw- Hill, 1978.

MARCON, A. F. **Contribuição ao desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos para a malha rodoviária estadual de Santa Catarina**. 1996. Tese. (Área de Infra-Estrutura de Transportes) - Instituto tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: 1996.

MEDINA, J.; MOTTA, L. N. G. **Mecânica de pavimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

MASCARÓ, J. L. **Desenho urbano e custos de urbanização**. Brasília, MHU/SAM, 1987.

METROPOLITAN TRANSPORTATION COMMISSION & ERES CONSULTANTS, INC. **Pavement condition index distress identification manual for asphalt and surface treatment pavements**. 2. Ed. Oakland, USA: Metropolitan Transportation Commission, 1993.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Mapas de leitura técnica sobre a situação sócio-econômica do município**. Disponível em: <<http://www.ippupb.org.br/>>. Acesso em: 4 out. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-02**. Classificação das vias urbanas. Disponível em:<[http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretaria/infraestrutura/urbana/pavimentação\\_comunitária/normas/0001](http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretaria/infraestrutura/urbana/pavimentação_comunitária/normas/0001)>. Acesso: out. 2009.

RODRIGUES, R. M. **Projeto e gerência de pavimentos**. Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA. São José dos Campos, 1998.

RODRIGUES, R. M. **Engenharia de pavimentos**. Parte II. Gerência de Pavimentos. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2007.

SCARANTO, M. **Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, 2007.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. v. I. São Paulo: Pini, 2001.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. v. II. São Paulo: Pini, 2001.

SHAHIN, M. Y. **Pavement management for airports, roads and parking lots**. 2. ed. Springer Science+Business Media, 2005.

VILLIBOR, D. F. et al. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas**. 2. ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3.ed. Tradução Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A - Procedimento prático para classificação dos de feitos de superfície e sua severidade, adaptado de notas de aula do Prof. Fernando José Pugliero Gonçalves (2008)

### Trincamento por fadiga – Couro-de-crocodilo (CR)

Consiste em trincamento associado à repetição das cargas de tráfego, razão pela qual se concentram nas trilhas de roda. Formam pequenos polígonos de lados não paralelos.



Em termos de severidade:

**Severidade 1:** Fissuras capilares isoladas, pouca interconexão, localizadas nas trilhas e sem erosão de bordo;

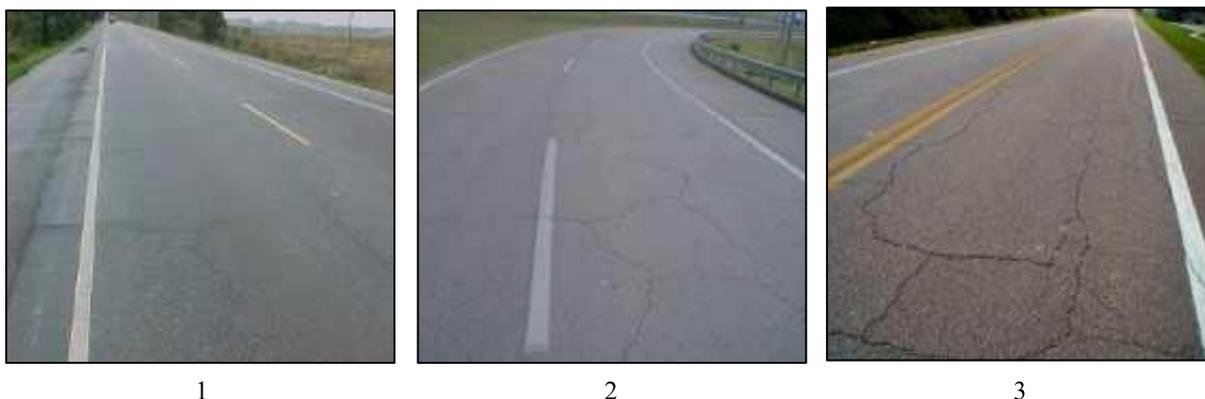
**Severidade 2:** Trincas de pequena abertura (< 2 mm) interconectadas em polígonos, com pouca erosão nos bordos;

**Severidade 3:** Polígonos bem definidos com erosão nos bordos.

É comum que dois ou três níveis de severidade coexistam dentro de uma mesma área. Esses diferentes níveis devem ser anotados separadamente apenas se visualmente for possível separá-los. Caso contrário, toda a área que estiver trincada deverá ser registrada como se apenas o nível de severidade mais elevado estivesse presente.

### Trincamento por Blocos (BL)

Consiste em trincas interconectadas, formando uma série de grandes polígonos, causados principalmente pela retração do revestimento asfáltico e das bases, devido à variação dos teores de umidade ao longo do pavimento.



Em termos de severidade:

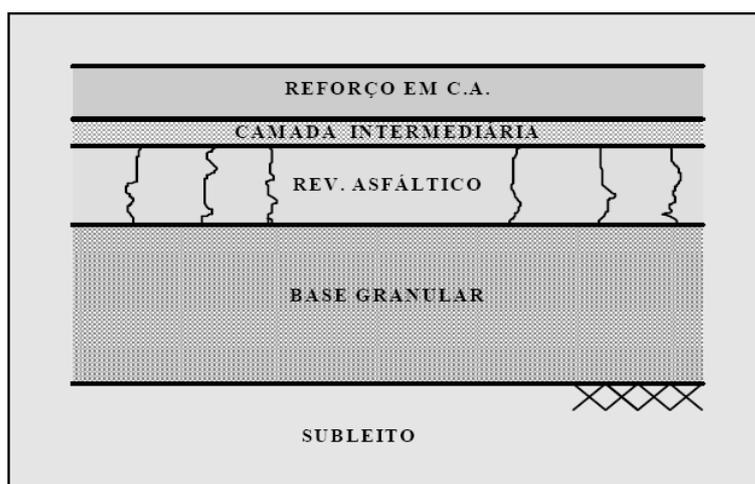
**Severidade 1:** Trincas com abertura inferior a 1 mm

**Severidade 2:** Trincas com abertura entre 1 mm e 3 mm, sem erosão nos bordos.

**Severidade 3:** Trincas com aberturas superiores a 3 mm, com erosão nos bordos.

### Trincamento por Reflexão (TR)

Trincamento que aparece no revestimento asfáltico, provindo das camadas inferiores do pavimento. Nos pavimentos urbanos é muito comum revestimentos asfálticos estarem assentados sobre pavimentos de pedras irregulares.



Em termos de severidade:

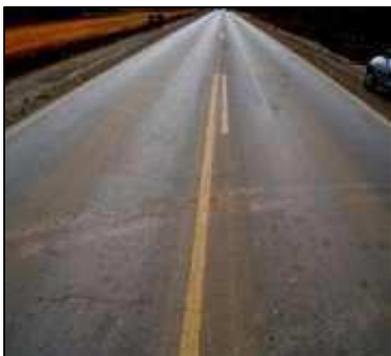
**Severidade 1:** as trincas tem abertura inferior a 1 mm;

**Severidade 2:** as trincas tem abertura superior a 1 mm e inferior a 3 mm, sem erosão nos bordos;

**Severidade 3:** as trincas não atendem aos requisitos das severidades dos níveis 1 e 2.

### Trincamento Transversal (TT)

São trincas aproximadamente perpendiculares ao eixo da pista. Sua origem pode estar na reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido a movimentação térmica e ou cargas do tráfego) ou no trincamento por retração da própria camada asfáltica.



1



2



3

Em termos de severidade:

**Severidade 1:** trinca não selada com abertura inferior a 3 mm ou trinca selada de qualquer abertura em boas condições;

**Severidade 2:** trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura cercada de fissuramento;

**Severidade 3:** trinca de abertura superior a 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura com ruptura severa.

### Trincamento Longitudinal (TL)

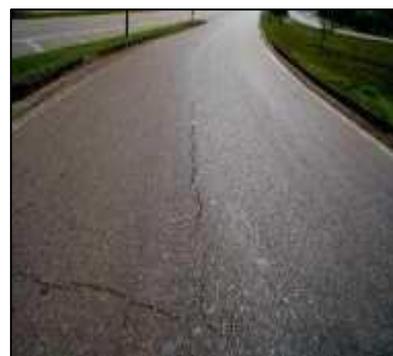
São trincas aproximadamente paralelas ao eixo da pista e afastadas de seus bordos. São geralmente causadas por reflexão de trincas ou juntas de camadas subjacentes ao revestimento, pela diferença da rigidez entre os dois da trinca ou até pela má execução da junta do revestimento asfáltico.



1



2



3

Em termos de severidade:

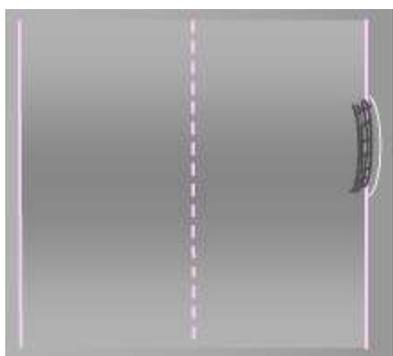
**Severidade 1:** trinca não selada com abertura inferior a 3 mm ou trinca selada de qualquer abertura em boas condições;

**Severidade 2:** trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura cercada de fissuramento;

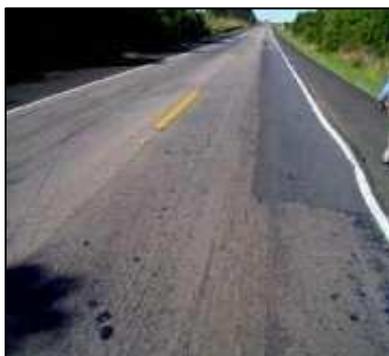
**Severidade 3:** trinca de abertura superior a 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura com ruptura severa.

### Trincamento de Escorregamento (TE)

São trincas em formato de meia-lua ou parabólica, produzidas quando veículos sob frenagem, aceleração ou mudança de direção, exercem tensões tangenciais à sua direção.



1



2



3

Em termos de severidade:

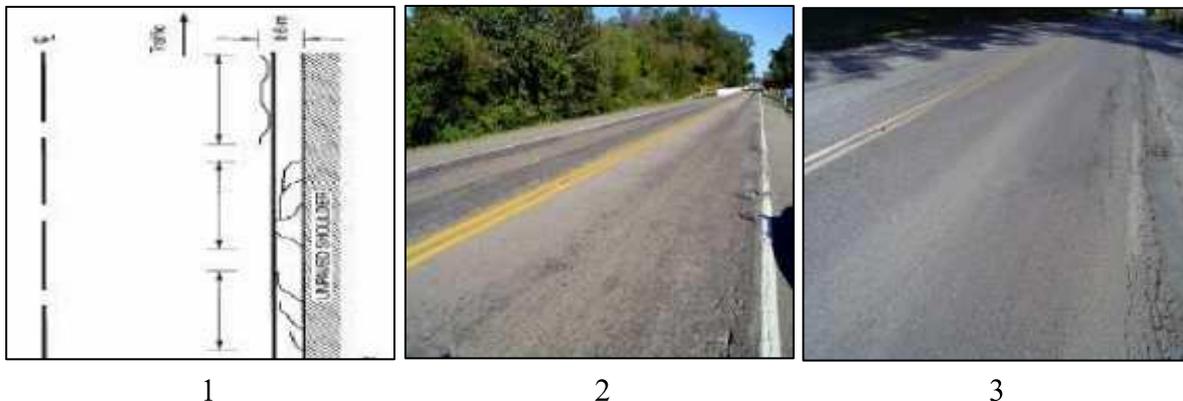
**Severidade 1:** Trincas com abertura inferior a 1 mm

**Severidade 2:** Trincas com abertura entre 1 mm e 3 mm, sem erosão nos bordos.

**Severidade 3:** Trincas com aberturas superiores a 3 mm, com erosão nos bordos.

### Trincas de Bordo (TB)

São trincas próximas aos bordos do pavimento, em geral paralelas ao eixo. Podem ser causadas por deficiência da espessura do revestimento ou por alguma outra deficiência localizada como, por exemplo, o excesso de umidade nas camadas subjacentes ao revestimento, quando os acostamentos não são revestidos.



Em termos de severidade:

**Severidade 1:** trinca não selada com abertura inferior a 3 mm ou trinca selada de qualquer abertura em boas condições;

**Severidade 2:** trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura cercada de fissuramento;

**Severidade 3:** trinca de abertura superior a 6 mm ou trinca selada de qualquer abertura com ruptura severa.

### Panelas (P)

São buracos (usualmente com menos de 90 cm de diâmetro) produzidos pela abrasão do tráfego em áreas onde o revestimento se dividiu em pequenos pedaços. As panelas podem ter origem nas áreas de trincamento por fadiga de alta severidade, por deficiência da mistura asfáltica do revestimento, ou devido a pontos localizados de enfraquecimento estrutural nas camadas de base e/ou subleito.



Seus níveis de severidade estão apresentados do quadro a seguir:

Profundidade Média	$\varnothing < 20$ cm	$20 < \varnothing < 45$ cm	$\varnothing > 45$ cm
Prof. < 2,5 cm	1	1	2
$2,5 < \text{Prof.} < 5,0$ cm	1	2	3
Prof. > 5,0 cm	2	2	3

### Desgaste (D)

É o aumento gradual da textura superficial do revestimento, sujeito ao arrancamento dos agregados, quando em severidade elevada



1

2

3

Em termos de severidade:

**Severidade 1:** Agregados começam a ser expostos devido a perda de ligante e a textura começa a se tornar um pouco rugosa;

**Severidade 2:** Agregados mais graúdos aparecem expostos, dos quais pouco são arrancados. Não há polimento de agregados e a textura é rugosa;

**Severidade 3:** Desagregação ou agregados sofrendo polimento (com risco de derrapagem). A textura superficial é bastante rugosa. Trata-se de um fenômeno comum, a ser esperado em revestimentos cuja idade é avançada e/ou que tenha sido submetido a tráfego acumulado significativo de veículos. É comum o aparecimento de agregados polidos na superfície do pavimento.

### Desgaste Superficial (DS)

Perda progressiva de agregados do revestimento, a partir da superfície, sob a ação da passagem das rodas dos veículos. Ocorre em misturas asfálticas onde há deficiência de ligante ou onde o asfalto foi super-oxidado durante a usinagem. Manifesta-se, em geral, pouco tempo após a abertura do tráfego.



1

2

3

- **Severidade Baixa:** início do desgaste, com perda de agregados miúdos.
- **Severidade Média:** textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e alguns graúdos.
- **Severidade Alta:** textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos. A severidade não é avaliada.

### Erosão de Bordo (EB)

Consiste, em geral, do resultado último das trincas de bordo da severidade 3, quando nenhuma intervenção é aplicada.



Não se registra sua severidade, mas apenas sua extensão, de acordo com:

**Alta:** mais de 50% da extensão do segmento conta com a presença do defeito;

**Média:** entre 10% e 50% da extensão do segmento conta com a presença do defeito;

**Baixa:** o defeito está presente em menos de 10% da extensão do segmento.

### Bombeamento de Finos (BF)

Pode ocorrer ao longo de trincas, em geral no padrão do trincamento por fadiga ou de reflexão. Consiste da ejeção de misturas de água, argila ou silte, e pode ser observado mais nitidamente durante ou imediatamente após as chuvas intensas, podendo não ser observável nas estações secas.



Não aplicáveis, bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento. Registrar nº. de ocorrências e a extensão afetada.

### Deslocamento de Capa Selante (DC)

Defeito comum em Lama Asfáltica, após certa idade ou tráfego acumulado. As variações térmicas diárias têm um importante papel em acelerar este fenômeno, além de problemas na homogeneidade da mistura asfáltica que foi aplicada sobre o revestimento. O tráfego é o agente que aciona o deslocamento.



1

2

3

Não se avalia sua severidade, apenas sua extensão, de acordo com:

**Alta:** defeito ocorre em mais de 50% da extensão do segmento;

**Média:** defeito entre 10% e 50% da extensão do segmento;

**Baixa:** defeito ocorre em menos de 10% da extensão do segmento.

### Remendos (R)

Um remendo consiste de um reparo aplicado a uma área localizada do pavimento. Deve ser considerado um defeito, independentemente de seu desempenho, na medida em que uma área remendada e/ou a área do pavimento no seu entorno não se comportam, em geral, tão bem quanto uma seção de pavimento original. Embora a sua execução leve a uma redução da irregularidade do pavimento, em relação à condição inicial, os próprios remendos introduzem certos níveis de irregularidade, em função da qualidade de sua execução.



1

2

3

Em termos de severidade:

**Severidade 1:** O remendo se encontra em boas condições e sua presença e sua presença introduz pouca ou nenhuma irregularidade;

**Severidade 2:** O remendo se encontra um pouco deteriorado e/ou sua presença introduz irregularidade significativa;

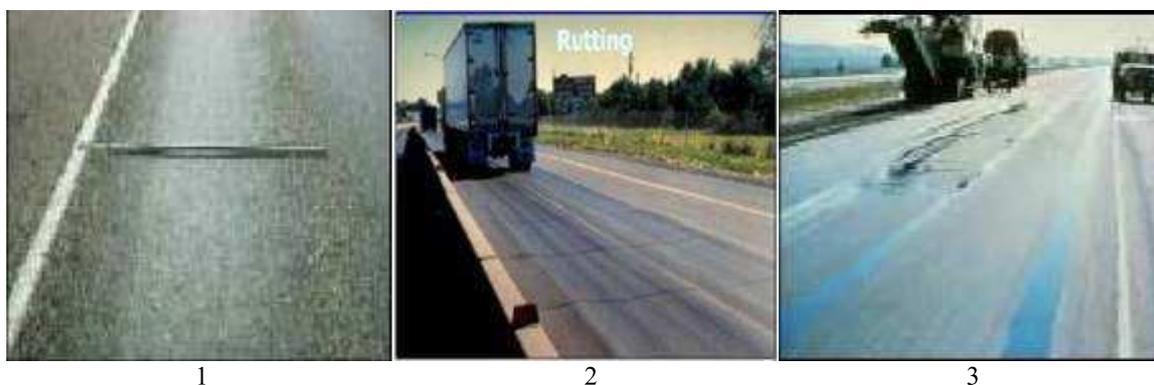
**Severidade 3:** O remendo se encontra severamente deteriorado e/ou introduz muita irregularidade. Requer substituição imediata.

Observações:

- 1) Caso um único remendo apresente áreas com diferentes severidades, cada uma delas deve ser considerada em separado;
- 2) Não devem ser registrados os defeitos porventura existentes dentro das áreas dos remendos;
- 3) Se uma grande porção do segmento é ocupada por um longo remendo, deve-se analisar a necessidade ou conveniência de se considerar essa área como um novo sub-trecho Homogêneo.

### Afundamento em Trilha de Roda (ATR)

Depressão longitudinal localizada as trilhas de roda. Trata-se de uma deformação permanente do pavimento, devido à ação repetida e canalizada das cargas do tráfego, que produzem deformações de consolidação volumétrica e distorção cisalhante em todas as camadas do pavimento. Elevações ao longo dos lados do afundamento podem ocorrer. Em muitos casos, os afundamentos podem ser observados apenas após uma chuva, ocasião em que há acúmulo de água nas trilhas de roda.

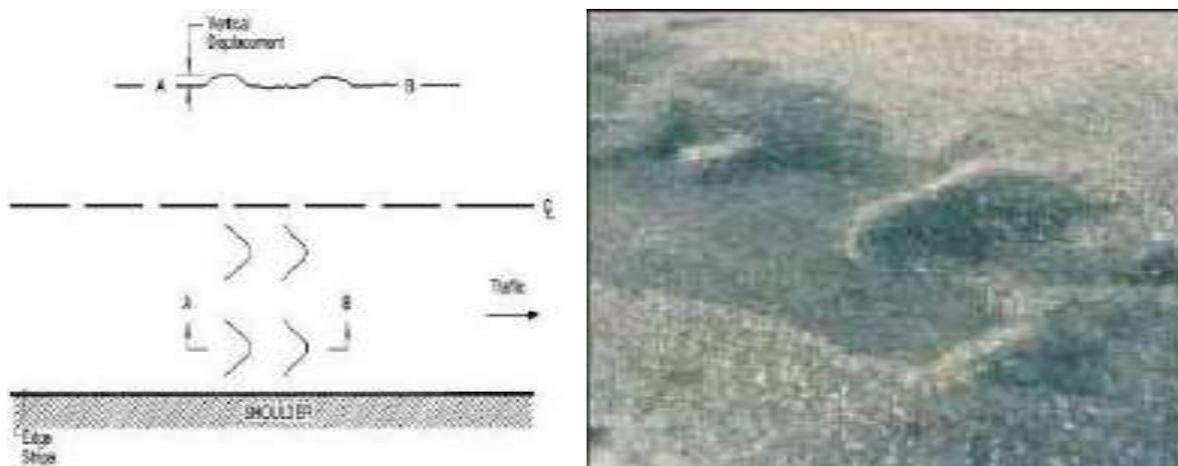


Em termos de severidade:

- Severidade 1:** afundamento médio entre 6 e 13 mm;  
**Severidade 2:** afundamento médio ente 13 e 25 mm;  
**Severidade 3:** afundamento médio maior que 25 mm.

### Corrugações (COR)

Trata-se de uma série de vales e cristas transversais a intervalos regulares, que são causadas pelo tráfego devido a esforços horizontais em rampas ou em locais de frenagem ou aceleração. A mistura asfáltica do revestimento pode não ser resistente o bastante para essas condições mais severas de solicitação, ou a camada de base pode ser instável.



Em termos de severidade:

**Severidade 1:** afeta pouco o rolamento, as velocidades operacionais da via;

**Severidade 2:** afeta o conforto ao rolamento nas velocidades operacionais da via, mas não a segurança;

**Severidade 3:** afeta bastante o conforto ao rolamento e compromete a segurança do tráfego, exigindo reduções de velocidade..

### Escorregamento em massa (EM)

Formação de ondulações na superfície devido à instabilidade da mistura asfáltica sob as condições climáticas e de tráfego vigentes. Não há um padrão definido, exceto pela tendência de a massa asfáltica ser expulsa pelo tráfego para áreas fora das trilhas de roda.



Em termos de severidade:

**Severidade 1:** afeta pouco o rolamento, as velocidades operacionais da via;

**Severidade 2:** afeta o conforto ao rolamento nas velocidades operacionais da via, mas não a segurança;

**Severidade 3:** afeta bastante o conforto ao rolamento e compromete a segurança do tráfego, exigindo reduções de velocidade..

### Depressões (DP)

São áreas situadas abaixo da cota do pavimento em seu entorno. São criadas pelo recalque do solo da fundação, ou por deficiências na construção de alguma outra camada, podendo já existir desde a construção. Causam alguma irregularidade ao pavimento.



Em termos de severidade:

**Severidade 1:** afundamento máximo é menor que 25 mm. Em alguns casos, pode ser notada apenas após uma chuva, quando a água retida forma uma “banheira de passarinho”;

**Severidade 2:** afundamento máximo está entre 25 e 50 mm;

**Severidade 3:** afundamento máximo acima de 50 mm.

### Expansão localizada (EL)

Levantamento localizado da superfície do pavimento, formando uma onda de comprimento em geral maior que 3 m, causado por solo expansivo ou por distorção da estrutura produzida pela ação do tráfego no caso de um pavimento com uma ou mais camadas apresentando resistência muito baixa. Pode ser ou não acompanhada por trincamento.

Em termos de severidade:

**Severidade 1:** afeta pouco o rolamento, as velocidades operacionais da via;

**Severidade 2:** afeta o conforto ao rolamento nas velocidades operacionais da via, mas não a segurança;

**Severidade 3:** afeta bastante o conforto ao rolamento e compromete a segurança do tráfego, exigindo reduções de velocidade..

### Exsudação



### Degradação acentuada em passagem de trilhos



## **ANEXOS**

## ANEXO 1 – Planilha de contagem de veículos adaptada do DNIT

CONTAGEM DE TRÁFEGO				Via: AVENIDA TUPI			Trecho: Posto 6 Rodas / R. Uruguaiana				Sentido: Centro / Pista Esquerda				Data: 03/11/09	
Tipo	Classifi- cação	Configuração	Eixos de Projeto	Intervalo de Tempo (horas)												Total
				8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	19:00 / 20:00	
Automóvel	2C		-	398	410	493	467	485	443	537	560	376	426	336	260	5.191
Ônibus	2C		ESRS; ESRD; ESRS	12	10	12	11	14	14	10	11	10	10	14	10	138
Utilitário	2C		-	46	35	28	40	32	42	35	22	18	35	43	20	396
Caminhão	2C		ESRS; ESRD	40	35	34	36	27	22	38	29	30	26	15	12	324
	3C		ESRS; ETD	8	10	4	16	9	6	10	3	4	6	4	2	82
	4C		ESRS; ETT													
Semi-Reboque	2S1		ESRS; ESRD (2)													
	2S2		ESRS; ESRD; ETD	2			1						1	1		5
	2S3		ESRS; ESRD; ETT		1	2	2			2	1	1		2	1	12
	3S2		ESRS; ETD; ETD													
	3S3		ESRS; ETD; ETT													
Reboque	2C2		ESRS; ESRD (3)													
	2C3		ESRS; ESRD (3); ETD													
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo Leve): 5.587								Total (ônibus/Caminhão/Reboque e Semi-reboque): 561								

Figura 1 – Contagem de veículos no Trecho 1, pista esquerda

CONTAGEM DE TRÁFEGO				Via: AVENIDA TUPI			Trecho: Posto 6 Rodas / R. Uruguaiana					Sentido: Bairro / Pista Direita			Data: 03/11/09	
Tipo	Classificação	Configuração	Eixos de Projeto	Intervalo de Tempo (horas)												Total
				8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	19:00 / 20:00	
Automóvel	2C		-	410	421	454	556	482	460	510	532	430	495	406	270	4.944
Ônibus	2C		ESRS; ESRD; ESRS	13	10	6	12	14	12	10	10	9	12	11	9	128
Utilitário	2C		-	31	28	25	42	37	35	30	26	31	42	15	10	352
Caminhão	2C		ESRS; ESRD	28	30	37	37	28	26	33	37	20	26	33	11	346
	3C		ESRS; ETD	7	4	5	14	8	12	10	6	8	4	6	1	85
	4C		ESRS; ETT													
Semi-Reboque	2S1		ESRS; ESRD (2)													
	2S2		ESRS; ESRD; ETD			1					1	1				5
	2S3		ESRS; ESRD; ETT		1	2			2		2		1	1		9
	3S2		ESRS; ETD; ETD													
	3S3		ESRS; ETD; ETT													
Reboque	2C2		ESRS; ESRD (3)													
	2C3		ESRS; ESRD (3); ETD													
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo Leve): 5.296								Total (ônibus/Caminhão/Reboque e Semi-reboque): 573								

Figura 2 – Contagem de veículos no Trecho 1, pista direita

CONTAGEM DE TRÁFEGO				Via: Rua Itabira			Trecho: 02					Sentido: Centro para Bairro				Data: 18/01/2010
Tipo	Classifi- cação	Configuração	Eixos de Projeto	Intervalo de Tempo (horas)												Total
				8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	19:00 / 20:00	
Automóvel	2C		-	107	90	78	87	110	120	105	90	74	95	116	72	1144
Ônibus	2C		ESRS; ESRD; ESRS	4	3	3	2	6	4	3	3	5	4	6	3	45
Utilitário	2C		-	15	10	18	12	18	16	7	8	12	18	15	4	153
Caminhão	2C		ESRS; ESRD		1			2					1			4
	3C		ESRS; ETD							1	1					2
	4C		ESRS; ETT								2					2
Semi-Reboque	2S1		ESRS; ESRD (2)													
	2S2		ESRS; ESRD; ETD													
	2S3		ESRS; ESRD; ETT													
	3S2		ESRS; ETD; ETD													
	3S3		ESRS; ETD; ETT													
Reboque	2C2		ESRS; ESRD (3)													
	2C3		ESRS; ESRD (3); ETD													
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo Leve):								Total (ônibus/Caminhão/Reboque e Semi-reboque):								

Figura 3 – Contagem de veículos no Trecho 2, pista direita

CONTAGEM DE TRÁFEGO				Via: Rua Itabira			Trecho: 02					Sentido: Bairro para Centro				Data: 18/01/2010
Tipo	Classificação	Configuração	Eixos de Projeto	Intervalo de Tempo (horas)												Total
				8:00 / 9:00	9:00 / 10:00	10:00 / 11:00	11:00 / 12:00	12:00 / 13:00	13:00 / 14:00	14:00 / 15:00	15:00 / 16:00	16:00 / 17:00	17:00 / 18:00	18:00 / 19:00	19:00 / 20:00	
Automóvel	2C		-	120	96	81	65	105	116	114	83	80	72	96	80	1008
Ônibus	2C		ESRS; ESRD; ESRS	5	3	4	3	5	5	3	2	2	6	4	3	45
Utilitário	2C		-	18	11	13	9	16	8	7	9	12	14	10	4	131
Caminhão	2C		ESRS; ESRD	1			4			1	2			1		9
	3C		ESRS; ETD	1						1			1			3
	4C		ESRS; ETT								2					2
Semi-Reboque	2S1		ESRS; ESRD (2)													
	2S2		ESRS; ESRD; ETD													
	2S3		ESRS; ESRD; ETT													
	3S2		ESRS; ETD; ETD													
	3S3		ESRS; ETD; ETT													
Reboque	2C2		ESRS; ESRD (3)													
	2C3		ESRS; ESRD (3); ETD													
Total (Automóveis/Utilitários - Veículo Leve):									Total (ônibus/Caminhão/Reboque e Semi-reboque):							

Figura 4 – Contagem de veículos no Trecho 2, pista esquerda

## ANEXO 2 – Exemplo de uma planilha de Inserção de campo pelo Método do PCI

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO					
Via: Bartolomeu de Gusmão	Seção: 01				
Data:	Amostra nº: 01				
Avaliador:	Área da Amostra: 225 m <sup>2</sup>				
Tipo de Defeitos					
1 Couro de Crocodilo	Área	11 Remendos	Área		
2 Exudação	Área	12 Agregado Polidos	Área		
3 Fissuras em blocos	Área	13 Painelas	Unid.		
4 Elevações Recalques	Metro	14 Cruzamento Ferroviário	Área		
5 Corrugação	Área	15 Afundamento de Trilho de Roda	Área		
6 Afundamento Localizado	Área	16 Escorregamento de Massa	Área		
7 Fissuras de Borda	Metro	17 Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa	Área		
8 Fissuras por Reflexão de Juntas	Metro	18 Inchamento	Área		
9 Desnível de Pavimento/ Acostamento	Metro	19 Desgaste	Área		
10 Fissuras Longitudinal e Transversal	Metro				
		PANELAS			
		Diâmetro Médio (cm)			
		PROF.	10 a 20	20 a 45	45 a 76
		1,2 a 2,5	B	B	M
		>2,5 a 5,0	B	M	A
>5,0	M	M	A		

## ANEXO 3: Exemplo de uma Planilha de Cálculo do Valor do PCI

PLANILHA DE CÁLCULO DO VALOR DO PCI										
Via:	Bartolomeu de Gusmão				Seção:	1				
Data:					Amostra n°:	1				
Avaliador:					Área da Amostra:	225 m <sup>2</sup>				
Tipos de Defeitos										
1	Couro de Crocodilo				11	Remendos				
2	Exudação				12	Agregado Polidos				
3	Fissuras em blocos				13	Painéis				
4	Elevações Recalques				14	Cruzamento Ferroviário				
5	Corrugação				15	Afundamento de Trilho de Roda				
6	Afundamento Localizado				16	Escorregamento de Massa				
7	Fissuras de Borda				17	Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa				
8	Fissuras por Reflexão de Juntas				18	Inchamento				
9	Desnível de Pavimento/ Acostamento				19	Desgaste				
10	Fissuras Longitudinal e Transversal								Esboço:	
								45		
								5		
Tipos de Defeitos Existentes										
		6		11		13				
Área/ Extensão	Severidade	21	M	6	B	1	A			
		45	M			1	M			
Severidade	B	6								
	M	66		1						
	A			1						
Cálculo do PCI										
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor de dedução		<b>PCI = 100 - CDV</b> 100 - 67 PCI = 31  <b>Condições do Pavimento:</b>  Ruim				
6		29,33	M	51						
11		2,67	B	6						
13		0,44	M	20						
13		0,44	A	40						
<b>Total de Dedução (TDV)</b>				117						
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>				67						

ANEXO 4 - Curvas de valores dedução extraídas (SHAHIN, 2005)

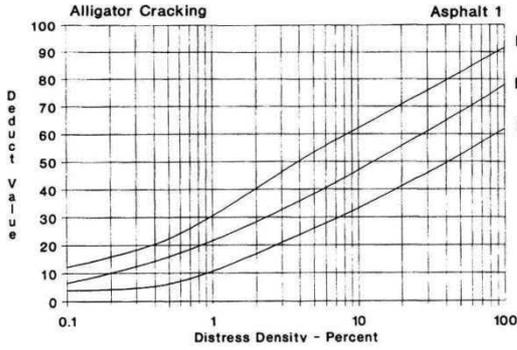


Figura 1 – Couro de crocodilo

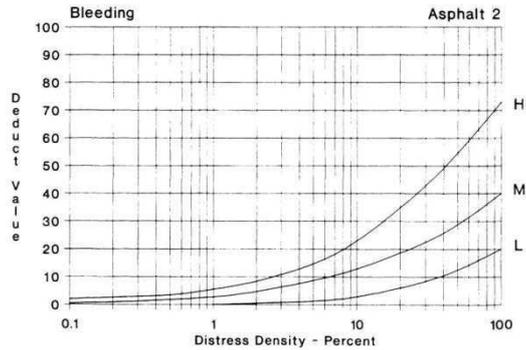


Figura 2 – Bombeamento

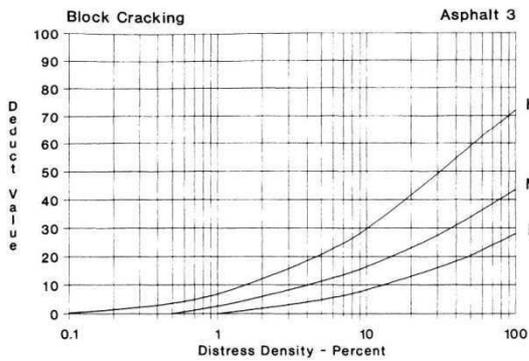


Figura 3 – Trinca em bloco

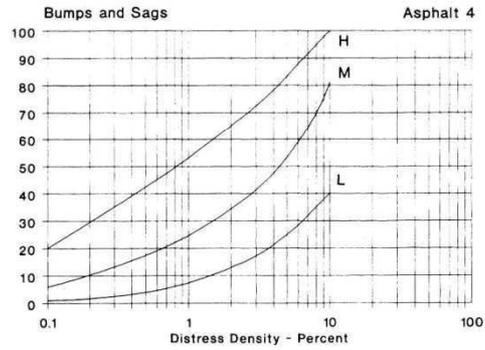


Figura 4 – Depressão (afundamento) permanente

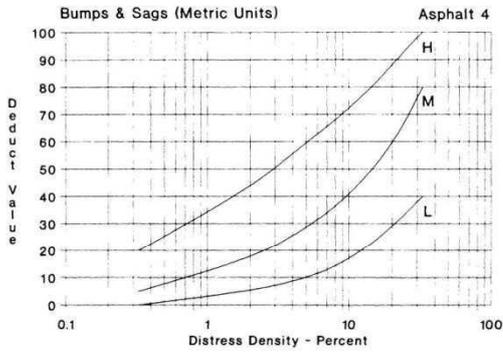


Figura 5 – Depressão (afundamento) permanente (unidade métrica)

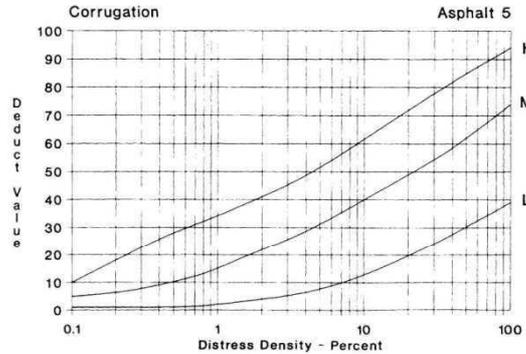


Figura 6 – Corrugação

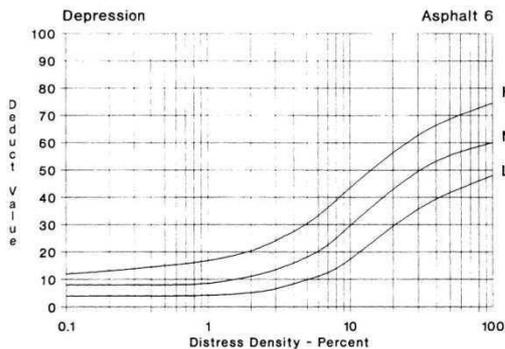


Figura 7 – Depressão

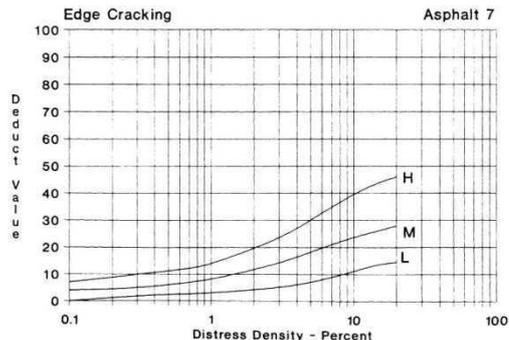


Figura 8 – Trinca de bordo

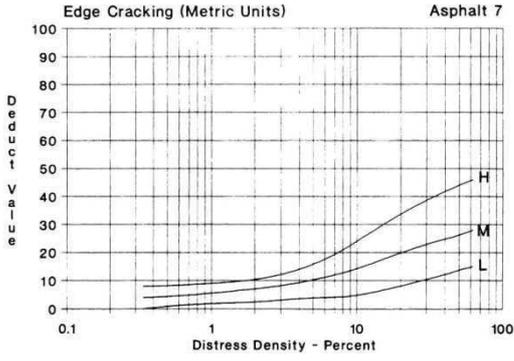


Figura 9 – Trinca de bordo (unidade métrica)

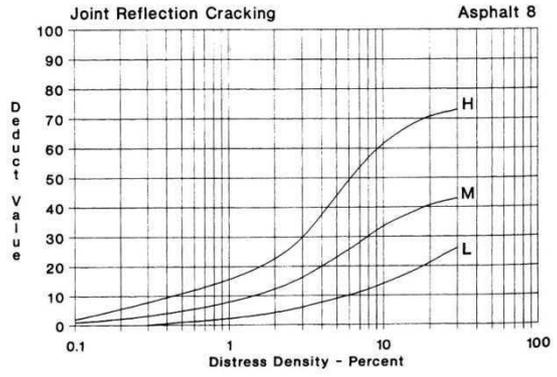


Figura 10 – Trincas por reflexão

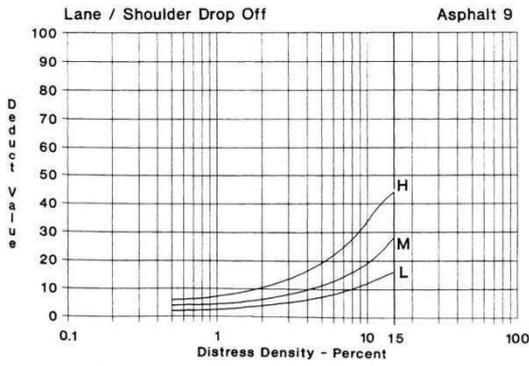


Figura 11 – Desnível pista/acostamento

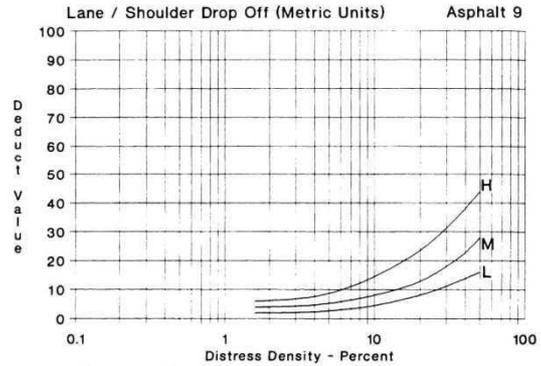


Figura 12 – Desnível pista/acostamento (unidade métrica)

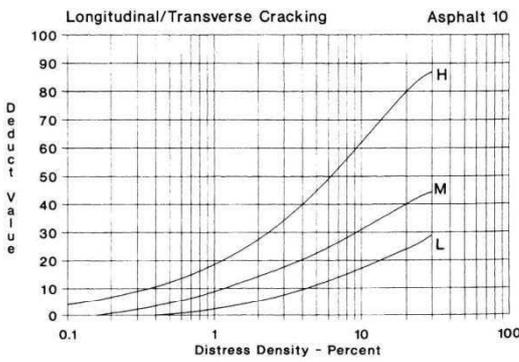


Figura 13 – Trinca longitudinal/transversal

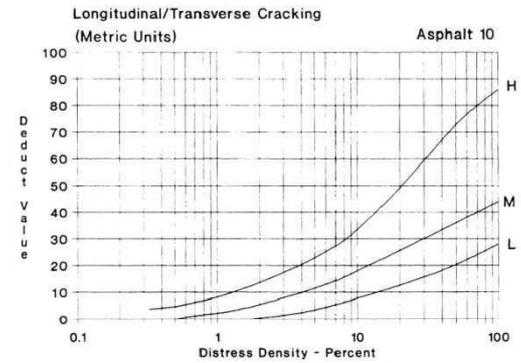


Figura 14 – Trinca longitudinal/transversal (unidade métrica)

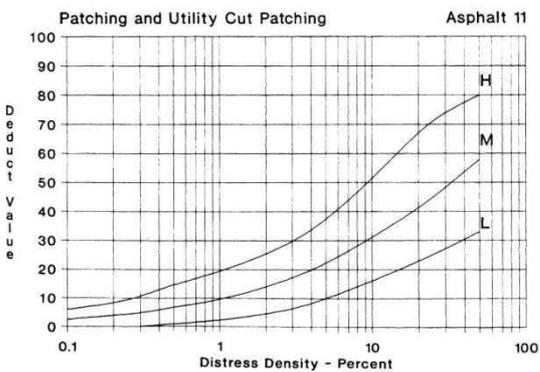


Figura 15 – Remendos

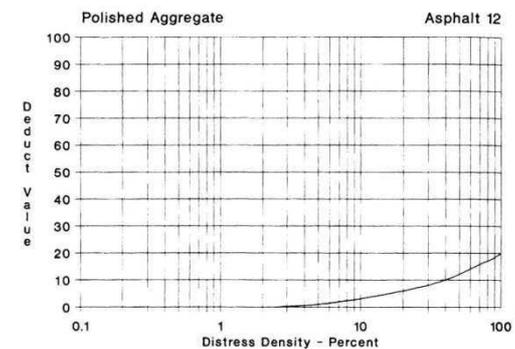


Figura 16 – Agregado polido

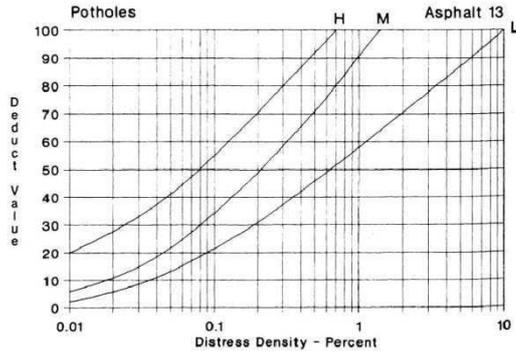


Figura 17 – Painéis

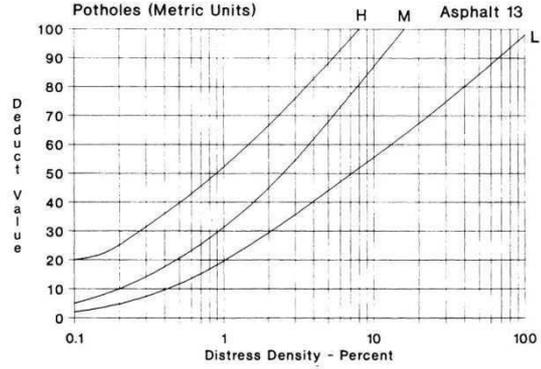


Figura 18 – Painéis (unidade métrica)

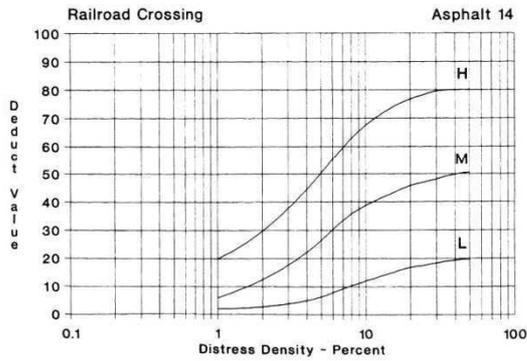


Figura 19 – Travessa via férrea

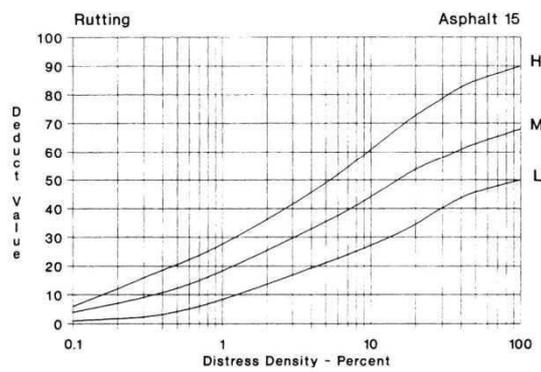


Figura 20 – Sulco

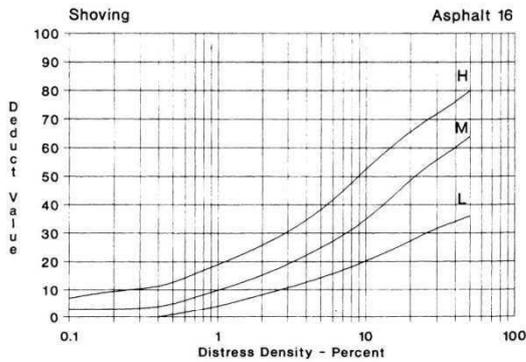


Figura 21 – Escorregamento de massa

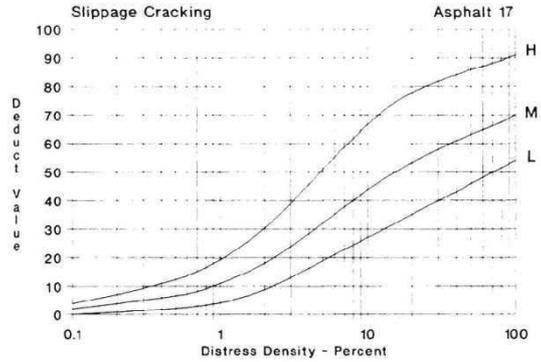


Figura 22 – Fissuras Devido ao Escorregamento de Massa

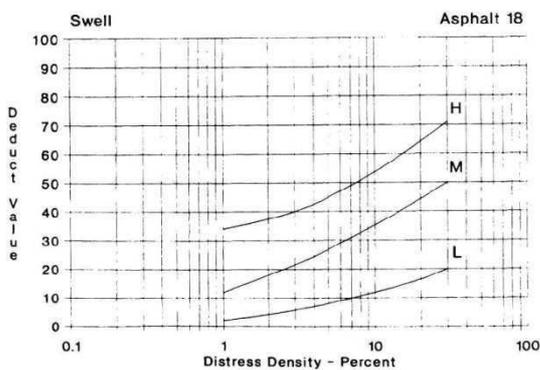


Figura 23 – Inchamento

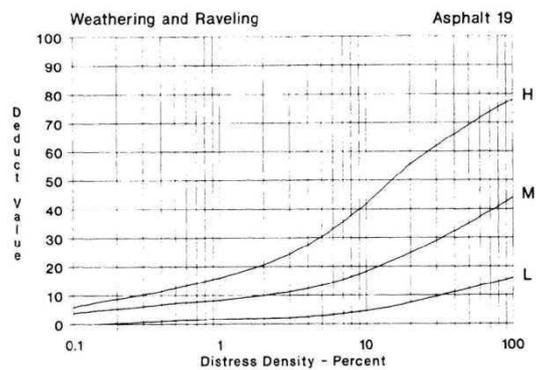


Figura 24 – Desgaste por intemperismo

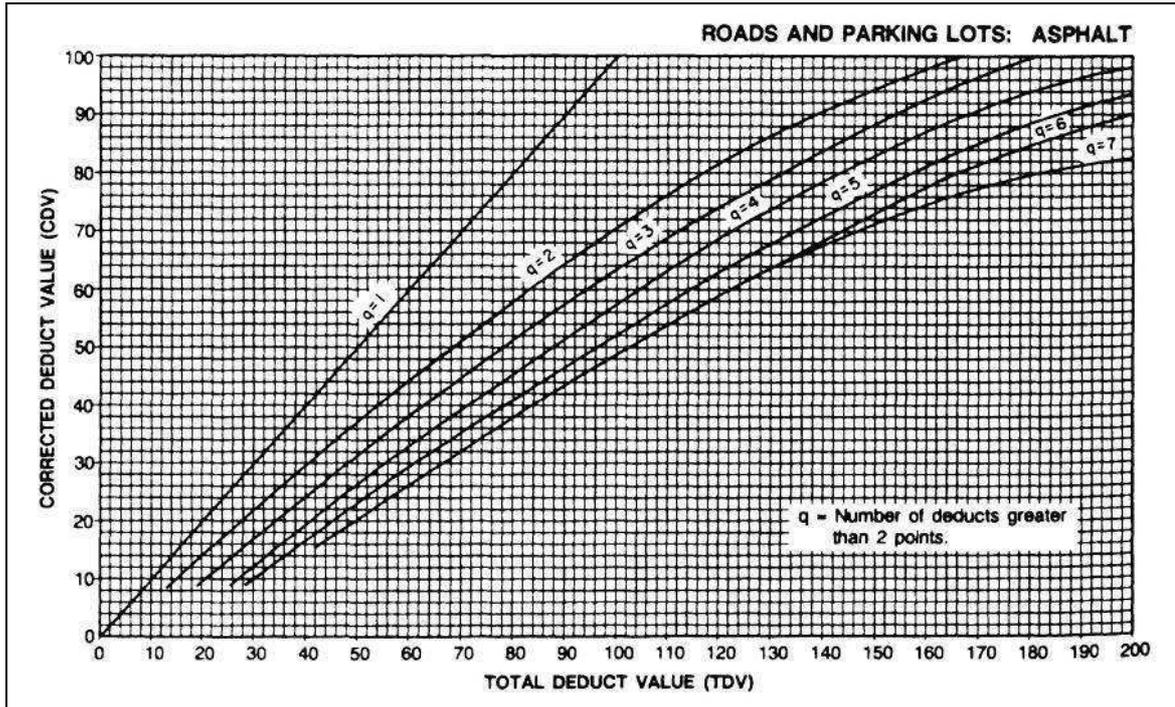


Figura 25 – Curvas para o Valor de Dedução Corrigido (CDV), em função do Valor Total de Dedução (TDV) e número de defeitos em uma seção