VIRGÍNIA ESTHER GUELLER BECKER

**APLICAÇÃO DO MODELO DE TAVAKOLI PARA GERÊNCIA DE
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS EM CIDADE DE MÉDIO PORTE**

SÃO PAULO

2012

VIRGÍNIA ESTHER GUELLER BECKER
Engenheira Civil, Universidade de Passo Fundo, 2008.

**APLICAÇÃO DO MODELO DE TAVAKOLI PARA GERÊNCIA DE
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS EM CIDADE DE MÉDIO PORTE**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo como requisito para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Engenharia de
Transportes –Sub-área de Infraestrutura
de Transportes

Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Balbo

SÃO PAULO
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de agosto de 2012.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Becker, Virgínia Esther Gueller

**Aplicação do modelo de Tavakoli para gerência de manutenção de pavimentos em cidade de médio porte / V.E.G. Becker. – ed.rev. -- São Paulo, 2012.
155 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1. Pavimentação (Manutenção; Gerenciamento) 2. Índice da Condição do Pavimento (PCI) 3. Modelo de Tavakoli 4. HDM-4 I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t.

AGRADECIMENTOS

A conquista de nossos sonhos, desejos e realizações só são possíveis porque temos uma rede de apoio ao nosso lado, pessoas que nos dão suporte para construir um trabalho, uma dissertação, uma trajetória pessoal e profissional, pois sem algumas delas nada tem sentido e nenhuma conquista se torna efetiva.

Agradeço, primeiramente, a DEUS, autor e consumidor da minha vida, por ter me iluminado e me dado força em todos os momentos; à minha família, em especial aos meus pais Alcione e Maria Angélica, que sempre me incentivaram a continuar estudando e conquistar o meu espaço profissional.

Ao meu namorado Danilo, que esteve ao meu lado me incentivando a perceber que todo esforço é válido para nossa construção e aprendizado.

Às minhas irmãs Joanna, Claudia, Anna e minha tia Maria Gueller, que sempre estiveram ao meu lado. Obrigada!

Ao meu admirável professor e orientador, José Tadeu Balbo, pelo apoio durante essa fase de amadurecimento pessoal e profissional. Por confiar em mim e por sempre motivar meu desenvolvimento intelectual.

Ao CNPq, pela bolsa de mestrado, e à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

E, finalmente, à minha banca examinadora, Prof. Dra. Eliane Viviani e Dr. Rodrigo Barella, por todas as críticas e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de aplicar o Modelo de Tavakoli, que é um modelo de gerência de pavimentos para vias urbanas, para análise de priorização de vias urbanas em cidade de médio porte. Para isso se utilizou um estudo de campo previamente realizado pela Prefeitura Municipal de Suzano e pelo Laboratório de Mecânica de Pavimentos da Universidade de São Paulo no município de Suzano, no ano de 2007, com o qual foi criado um banco de dados das vias do município. Naquele estudo foi empregado o modelo HDM-4 do Banco Mundial para a priorização de intervenções de manutenção nas vias públicas. No presente trabalho buscou-se elaborar um estudo comparativo entre aquela solução e a solução atingida pelo modelo de Tavakoli para um mesmo conjunto de vias. Para este trabalho o Modelo de Tavakoli foi adaptado para planilhas eletrônicas e aplicado em um conjunto de seções de pavimentos, permitindo a determinação de uma lista de prioridades de intervenções. Posteriormente, essas intervenções foram simuladas para o mesmo conjunto de vias, buscando a priorização dos serviços, com o modelo HDM-4 versão 1.0.

Através deste trabalho foi possível concluir que os dois critérios estudados podem ser úteis para gerenciar vias urbanas, pois priorizaram as intervenções necessárias nas vias urbanas analisadas. Foi possível verificar que o Modelo de Tavakoli se revelou mais conservador, por ser um critério fechado, com um índice de prioridades dependendo diretamente do índice da condição do pavimento e do volume diário médio de tráfego, afetando diretamente a classificação das seções. No Modelo HDM-4 a classificação das seções e os valores de irregularidade não tiveram uma sincronia, pois o HDM-4 é um modelo de critérios abertos, que permite ao usuário acrescentar vários parâmetros, e com estes foi possível reproduzir uma situação um pouco mais próxima da realidade.

Palavras-chave: Gerência de Pavimentos. Modelo de Tavakoli. HDM-4. Índice da Condição do Pavimento.

ABSTRACT

This study was conceived in order to apply the Tavakoli Model, which is a pavement management system for urban roads, aiming the analysis of prioritization of urban streets in a mid-sized city. A field study previously conducted by Suzano City and the Pavements Mechanics Laboratory of the University of São Paulo in Suzano City in 2007 was used, from which was created a database of the town's streets. In that study, the Highway Design and Management (HDM-4) Model of the World Bank was employed for prioritizing maintenance work on public roads. In this study it was sought to develop a comparative study between the mentioned solution and the one reached by Tavakoli's Model in the same set of roads. In this research the Tavakoli Model was adapted for the spreadsheets and applied to a set of pavement sections, allowing the determination of a priority list of interventions including the specific type of intervention for each segment. Subsequently, these same types of strategies or interventions were simulated for the same set of paths, seeking the prioritization, with HDM-4 Model version 1.0.

Through this research it was possible to conclude that both criteria studied can be useful for managing urban roads, because they prioritized the necessary interventions in the urban roads analyzed. The Tavakoli Model proved to be more conservative, on account of being a closed criterion, with a priority index depending directly on the pavement condition index and average daily volume of traffic, affecting the classification of the sections directly as well. In the HDM-4 Model, the classification of the sections and values of the International Roughness Index did not match, due to HDM-4 being an open criteria model, which allows the user to add several parameters, and they can lead to more realistic report.

Keywords: Pavement Management. Tavakoli Model. HDM-4 Model. Pavement Condition Index.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1:	Etapas da implementação de um SGP.....	20
Figura 1.2:	Principais classes de atividades em um sistema de gerência de pavimentos.....	23
Figura 1.3:	Inter-relacionamento entre os níveis de um SGP e suas tarefas	25
Figura 1.4:	Relação do banco de dados com o sistema.....	27
Figura 1.5:	Ilustração das tendências dos componentes de custos de operação do veículo para o usuário em função da velocidade e irregularidade.....	38
Figura 1.6:	Quadro de Prioridades.....	41
Figura 1.7:	Curvas do valor de dedução para o defeito couro de jacaré.....	66
Figura 1.8:	Correção do valor de dedução das curvas de pavimento asfáltico.....	67
Figura 2.1:	Localização do Município de Suzano.....	72
Figura 2.2:	Divisão territorial por zonas do Município de Suzano.....	75
Figura 2.3:	Planilha de levantamento de informações gerais das vias.....	79
Figura 2.4:	Planilha de levantamento de defeitos e condições das vias.....	80
Figura 2.5:	Estrutura do módulo de Inventário do Modelo de Tavakoli.....	86
Figura 2.6:	Estratégias de manutenção e reabilitação.....	89
Figura 2.7:	Estrutura de reconstrução do pavimento asfáltico.....	91
Figura 2.8:	Esquema de requisitos para cálculo do Índice de Prioridades.....	92
Figura 2.9:	Estrutura do Relatório do Modelo de Tavakoli.....	94
Figura 3.1:	Histograma da classificação do PCI dos pavimentos e suas freqüências	98
Figura 3.2:	Histograma da classificação do IRI dos pavimentos e suas freqüências.	99
Figura 3.3:	Histograma de distribuição das áreas dos pavimentos com fissuras e suas freqüências.....	102
Figura 3.4:	Histograma de distribuição das áreas dos pavimentos com afundamentos e suas freqüências.....	103

Figura 3.5: Histograma de distribuição de buracos dos pavimentos por seção e suas frequências.....	103
Figura 3.6: Histograma de distribuição de remendos dos pavimentos por seção e suas frequências.....	104
Figura 4.1: Classificação dos modelos de priorização.....	127
Figura 4.2: Comparação entre a Classificação do Modelo de Tavakoli e o PCI.....	130
Figura 4.3: Comparação entre a Classificação do Modelo de Tavakoli e o VDM....	130
Figura 4.4: Comparação entre a Classificação da seção e IRI no Modelo HDM-4...	133
Figura 4.5 : Comparação entre a Classificação da seção e VDM no Modelo HDM-4.....	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1:	Defeitos para diferentes tipos de pavimentos.....	44
Tabela 1.2:	Suposições de taxas de deterioração.....	47
Tabela 1.3:	Dados para o cálculo do índice de prioridade.....	48
Tabela 1.4:	IES – Índice de estado de superfície.....	49
Tabela 1.5:	IC - Índice de custo operacional.....	49
Tabela 1.6:	Alternativas de serviços de manutenção levados em conta no estudo..	51
Tabela 1.7:	Modelos estatísticos para priorização.....	52
Figura 1.8:	Modelo de planilha eletrônica para cálculo do PCI.....	63
Tabela 1.9:	Classificação do PCI.....	66
Tabela 1.10:	Defeitos e formas de medição do pavimento asfáltico.....	68
Tabela 2.1:	Áreas de zonas do plano diretor do Município de Suzano.....	75
Tabela 2.2:	Média de tipos e quantidades de defeitos da Zona A.....	80
Tabela 2.3:	Média do Índice de Irregularidade dos Pavimentos da Zona A.....	81
Tabela 2.4:	Estrutura do banco de dados de vias pavimentadas por seção.....	82
Tabela 2.5:	Estratégias de manutenção/reabilitação dos pavimentos.....	88
Tabela 2.6:	Intervenções nos pavimentos asfálticos, segundo a estratégia escolhida.....	88
Tabela 2.7:	Estratégias de manutenção em função do PCI e do PSI.....	89
Tabela 2.8:	Estimativa de custos para manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos.....	90
Tabela 2.9:	Valores Numéricos para os fatores do cálculo do Índice de Prioridade...	91
Tabela 3.1:	Características dos pavimentos avaliados.....	95
Tabela 3.2:	Levantamento de defeitos dos pavimentos.....	99
Tabela 3.3:	Volume de tráfego e uso predominante da via.....	104
Tabela 3.4:	Estratégias de manutenção e reabilitação.....	107
Tabela 3.5:	Custos totais de cada seção.....	110
Tabela 3.6:	Índice de prioridades.....	112
Tabela 3.7:	Relatório do índice de prioridades decrescente.....	116

Tabela 3.8:	Relatório Final do Modelo HDM-4.....	121
Tabela 4.1:	Classificação de prioridades dos modelos analisados.....	123
Tabela 4.2:	Nova classificação dos modelos analisados.....	126
Tabela 4.3:	Comparação entre Classificação, PCI e VDM do Modelo de Tavakoli....	128
Tabela 4.4:	Comparação entre Classificação, IRI e VDM no Modelo HDM-4.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATR	Afundamento de trilha de roda
BGS	Brita Graduada Simples
CBR	Índice de Suporte Califórnia
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado à Quente
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
HDM	<i>Highway Design and Management Modal</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
IC	Índice de Custo Operacional
IES	Índice de Estado da Superfície
IGG	Índice de Gravidade Global
IRI	<i>International Roughness Index</i>
LMP	Laboratório de Mecânica de Pavimentos
M&R	Manutenção e Reabilitação
PCI	<i>Pavement Condition Index</i>
PMS	Prefeitura Municipal de Suzano
PSI	<i>Present Serviceability Index</i>
QI	Quociente de Irregularidade
SGP	Sistema de gerência de pavimentos
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i>
VDC	Valor Deduzido Corrigido
VDT	Valor Deduzido Total
VPL	Valor Presente Líquido
VSA	Valor de Serventia Atual
VDM	Volume Diário Médio de Tráfego

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	15
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
1.1 A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	18
1.1.1 A Conceituação da Gerência de Pavimentos.....	19
1.1.2 Componentes de um Sistema de Gerência de Pavimentos.....	22
1.1.3 Banco de Dados em Gerência de Pavimentos.....	26
1.1.4 Custos de Construção, Manutenção e Operação.....	29
1.1.4.1 Método do Custo Anual.....	31
1.1.4.2 Método do Valor Presente.....	32
1.1.4.3 Método da Taxa de Retorno.....	33
1.1.4.4. Método da Relação Benefício/Custo.....	34
1.1.4.5 Método do Custo-Eficácia.....	35
1.1.5 Os Custos dos Usuários.....	36
1.1.6 Os Benefícios dos Usuários com os Serviços de Manutenção.....	38
1.1.7 Os Inconvenientes dos Usuários com os Serviços de Manutenção.....	39
1.1.8 Modelos de Priorização de Investimentos na Gerência de Pavimentos.....	39
1.1.8.1 Modelo de Tavakoli.....	42
1.1.8.2 O Modelo de Priorização do DNER.....	49
1.1.8.3 Modelo de Priorização Desenvolvido por Bodi & Balbo.....	50
1.1.8.4 O Modelo Global HDM-4 do Banco Mundial.....	53
1.1.9 Parâmetros de Condições Superficiais dos Pavimentos.....	57
1.1.9.1 Índice Internacional de Irregularidade (IRI).....	58
1.1.9.2 Quociente de Irregularidade (QI).....	60
1.1.9.3 Índice de Condição dos Pavimentos (PCI).....	61

1.1.9.4	<i>Determinação do PCI para Pavimentos Asfálticos.....</i>	61
2.	ESTUDO DE CASO EM CIDADE DE PEQUENO A MÉDIO PORTE.....	69
2.1	<i>Contextualização do Problema.....</i>	69
2.1.1	<i>O Município de Suzano.....</i>	71
2.1.2	<i>A Malha Viária Pavimentada de Suzano.....</i>	73
2.1.3	<i>Desenvolvimento de um Banco de Dados para o Sistema Viário.....</i>	73
2.1.3.1	<i>Mapas de Referência.....</i>	74
2.1.3.2	<i>Avaliações de Campo.....</i>	76
2.1.3.3	<i>Coleta de Dados do Município.....</i>	79
2.1.3.4	<i>Estrutura Final do Banco de Dados.....</i>	82
2.2	<i>Aplicação do HDM-4 para Análises de Estratégias de Manutenção.....</i>	84
2.3	<i>Composição de um Banco de Dados Aplicando o Modelo de Tavakoli.....</i>	85
3.	APLICAÇÃO DOS MODELOS DE PRIORIZAÇÃO.....	95
3.1	<i>Aplicação do Modelo de Tavakoli.....</i>	95
3.1.1	<i>Características dos Pavimentos Avaliados.....</i>	95
3.1.2	<i>Defeitos dos Pavimentos Avaliados.....</i>	99
3.1.3	<i>Tráfego e Uso dos Pavimentos Avaliados.....</i>	104
3.1.4	<i>Manutenção e Reabilitação dos Pavimentos Avaliados.....</i>	107
3.1.5	<i>Custo dos Pavimentos Avaliados.....</i>	109
3.1.6	<i>Índice de Prioridades dos Pavimentos Avaliados.....</i>	112
3.1.7	<i>Relatório de Priorização dos Pavimentos Avaliados.....</i>	115
3.2	<i>Aplicação do Modelo HDM-4 para o Conjunto de Vias Analisadas.....</i>	120
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	123
5.	CONCLUSÕES.....	134

6. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXO - BANCO DE DADOS DAS VIAS ANALISADAS.....	142
APÊNDICE- CUSTOS DAS ESTRATÉGIAS DE M&R.....	153

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os componentes dos sistemas de infraestrutura de transporte viário urbano têm sido um problema há muitos anos, pois de uma maneira geral, a questão das vias públicas ainda é abordada de forma auxiliar, segmentada em diversas áreas da ação municipal, sendo que em todas elas a abordagem é sempre secundária, fazendo com que o espaço da via pública seja visto apenas como suporte para outras atividades urbanas.

Em quase todas as cidades brasileiras não há um banco de dados, um planejamento, um dimensionamento para a manutenção e reabilitação das estruturas dos pavimentos existentes, e um sistema de priorização e otimização, fazendo com que grande parte das vias apresente um precoce e elevado grau de deterioração, com redução de sua vida em serviço e aumento dos custos de manutenção e reabilitação.

Segundo Haas *et al.* (1994) e Hudson *et al.* (1997), o sistema de gerência de pavimentos (SGP) foi desenvolvido para ajudar os tomadores de decisão na identificação de seções candidatas à manutenção. Os primeiros sistemas de gerência de pavimento foram desenvolvidos para os componentes individuais do sistema de transporte.

De acordo com Grivas e Shultz (1994), os sistemas de gerência foram evoluindo e integrando sistemas de gerência de infraestrutura ou de gerência de sistemas ativos, para melhor atender às necessidades do público. Essa maneira de olhar para o transporte como um todo e, simultaneamente, considerar as necessidades dos diferentes componentes dos sistemas de transporte e suas interações permitiu a criação de um sistema de gerência integrado, garantindo, assim, uma otimização dos diferentes componentes do sistema.

Com o avanço das tecnologias de informação e telecomunicações, não só um SGP pode ser mais fácil e eficazmente implementado, como são nítidos os benefícios reais da sua aplicação.

As vias urbanas brasileiras pavimentadas representam um patrimônio de valor extremamente elevado e que precisa ser preservado. Para isso são necessárias

inúmeras ações para sua conservação, cuja qualidade necessita ser corretamente gerenciada.

Segundo Nishiyama *et al.* (1995), o interesse e o desenvolvimento da aplicação dos SGP têm sido crescentes em razão de uma série de fatores importantes, dentre os quais se podem citar:

- as políticas econômicas de contenção de gastos, causando substancial diminuição dos recursos destinados às vias urbanas;
- os órgãos de financiamento apresentam uma exigência de maior racionalidade na utilização dos recursos liberados, e esta racionalidade dos recursos é parte fundamental de um SGP correto;
- os recursos energéticos e os materiais de pavimentação tornaram-se escassos e caros, o que obrigou à programação otimizada dos investimentos, o que pode ser obtido com o uso de um SGP;
- o efeito que a condição do pavimento causa no custo operacional dos veículos e nos custos de manutenção viária foi reconhecido, conduzindo a estudos para otimizar esses custos. Os bons SGP procuram essa otimização;
- como a tecnologia de avaliação periódica de pavimentos avançou muito, tanto no que se refere a métodos como a equipamentos, tornou-se possível otimizar a programação dos investimentos e as técnicas empregadas, por meio de acompanhamento e análise da implementação desses itens;
- desenvolveram-se métodos de previsão de desempenho dos pavimentos, o que permitiu aos SGP antever o comportamento do pavimento durante a sua vida útil.

Dentro desse contexto, este projeto de pesquisa tem os seguintes objetivos:

- elaborar uma revisão bibliográfica e análise crítica da literatura disponível sobre o tema, apresentando a funcionalidade de um SGP, bem como os modelos de priorização de investimentos para gerência de pavimentos utilizados nesta pesquisa;

- abordar a determinação do Índice de Condição do Pavimento (PCI) para pavimentos asfálticos, pelo método do *United States Army Corps of Engineers* (USACE,1989), o qual é utilizado para a aplicação no modelo de Tavakoli (1992);
- aplicar o modelo de Tavakoli (1992) a um conjunto de dados obtidos de um estudo realizado pela Prefeitura do Município de Suzano (PMS) e pelo Laboratório de Mecânica de Pavimentos (LMP) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2007);
- comparar os resultados do modelo de Tavakoli com os resultados obtidos no uso do *software* HDM-4 aplicado ao mesmo conjunto de dados.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A Gerência de Pavimentos

A rede viária surgiu nas cidades pela necessidade de se melhorar o tráfego nas ruas, permitindo o deslocamento de pessoas e o transporte de bens e mercadorias. Com a evolução dos veículos e o aumento do tráfego, tornou-se imprescindível o aperfeiçoamento das técnicas de pavimentação e, diante dessas circunstâncias, os órgãos gestores de pavimentos urbanos necessitam utilizar métodos de gerência adequados para manter o sistema viário, de maneira que proporcione à população viagens rápidas, seguras e econômicas.

Como na maioria dos municípios brasileiros os órgãos gestores dispõem de recursos limitados para manter o sistema viário, a maior parte das vias encontra-se em estado de deterioração, levando a um aumento dos custos operacionais de veículos, a um maior tempo de viagem e à redução da segurança durante as viagens. Todos esses fatores se somam à falta de otimização dos recursos e à indefinição de prioridades para as vias que necessitam de intervenções, tipo de decisão que na maioria das vezes é de natureza política.

Com o objetivo de suprir a deficiência no planejamento das atividades de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos, têm sido desenvolvidos e implantados sistemas de gerência de pavimentos em algumas prefeituras brasileiras.

De acordo com o DNIT (2011), o principal objetivo de um sistema de gerência de pavimentos é alcançar a melhor aplicação possível para os recursos investidos, e oferecer um pavimento seguro, compatível economicamente aos usuários.

Nesse contexto, o tema analisado neste trabalho fundamenta-se na aplicação e análise de modelos simplificados de priorização de investimentos na gerência de pavimentos aplicado ao Município de Suzano.

1.1.1 A Conceituação da Gerência de Pavimentos

Um Sistema de Gestão de Pavimentos, segundo Haas *et al.* (1994), consiste num elenco de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos, cujo objetivo principal é utilizar informações confiáveis e critérios de decisão para produzir um programa de construção, manutenção e reabilitação de pavimentos que gere o máximo retorno possível para os recursos disponíveis. As etapas (Figura 1.1) necessárias para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, segundo MAPC (1986 apud LIMA *et al.*, 2008), são:

- inventário: coleta e organização dos dados necessários para a correta implementação e para o bom desempenho do sistema;
- avaliação da condição do pavimento: utilização de modelos para a previsão do desempenho da condição dos pavimentos, sendo estes modelos baseados em avaliações periódicas dos pavimentos;
- priorização: estabelecimentos dos níveis de prioridade, ou seja, adequação das necessidades aos recursos disponíveis;
- programação das atividades de manutenção e reabilitação: estabelecimento dos critérios para as tomadas de decisões quanto às atividades de manutenção e/ou reabilitação do pavimento;
- implementação: funcionamento efetivo do sistema, utilização da estratégia selecionada.

Fonte: MAPC, 1986, apud Lima *et al.* 2008.

Figura 1.1 – Etapas da implementação de um SGP.

Os pavimentos rodoviários representam um valioso patrimônio, cuja conservação e restauração oportunas são essenciais para a sua preservação. Segundo o DNIT (2011, p.36), qualquer interrupção ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços necessários à manutenção desse patrimônio implica em aumentos substanciais nos custos de operação dos veículos e na necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para sua recuperação.

Ressalta-se que o planejamento, a priorização e a racionalização da alocação e aplicação dos recursos financeiros são os principais objetivos de um SGP, sendo uma de suas principais funções a otimização do processo utilizado para a tomada de decisões.

De acordo com Shain (1994), a maior parte dos pavimentos urbanos existentes necessita de manutenção e reparos, em virtude da ação de diversos fatores, tais como a insuficiência de fundos orçamentários governamentais, o tempo de ocorrência da manutenção da malha e a determinação racional de manutenção e dos reparos prioritários das vias.

Ainda segundo Shain (1994), a união desses fatores conduz à necessidade de criar um dispositivo que forneça de forma sistemática um método para a seleção de atividades de manutenção e reparos necessários, para determinar prioridades e o tempo em que essa atividade deve ocorrer, baseada em um modelo de previsão futura das condições do pavimento.

Haas *et al.* (1994) ressaltam que a elaboração de um sistema gerencial exige uma análise profunda e um conhecimento completo do ambiente envolvido, isto é, da estrutura do órgão responsável pela tomada de decisão. Um sistema de gerenciamento deve começar, necessariamente, pela integração e racionalização das situações existentes. Segundo Fontenele (2001), trata-se de um processo que avança por etapas, mais precisamente, por módulos, obedecendo a uma lógica global. Não se deve adotar um modelo como referência para um sistema gerencial de pavimentos, mas desenvolver para cada contexto o seu próprio sistema. Devem-se levar em consideração experiências positivas de outros órgãos rodoviários, desconsiderando os aspectos negativos.

Um enfoque comum em todos os estudos e trabalhos sobre o tema é a necessidade de se ter um instrumento que, através do SGP, proporcione à administração da manutenção condições para a tomada de decisões apropriadas. Os SGP avaliam, economicamente, políticas de construção e manutenção de rodovias, mediante simulação do comportamento dos veículos e do desempenho dos pavimentos; coordenam as atividades dentro de um organismo rodoviário, garantindo consistência às decisões tomadas em diferentes níveis gerenciais.

Dentro das funções de planejamento, os SGP podem ser utilizados para o estabelecimento de níveis orçamentários que minimizem o custo total da modalidade rodoviária; programas de manutenção e construção que maximizem o valor presente líquido de uma rede viária sob uma política de restrição orçamentária; programas de investimento a médio e longo prazo e programas de intervenção de curto prazo. Podem, também, dar suporte às reivindicações dos organismos rodoviários endereçadas aos poderes competentes, visando à obtenção de recursos para um programa adequado de investimentos na manutenção e construção de rodovias.

Dentro de um sistema gerencial de pavimentos, a quantificação das condições dos pavimentos, bem como a previsão da evolução do estado do pavimento ao longo de sua vida útil, é imprescindível para a priorização e seleção de projetos e de estratégias de manutenção e reabilitação, para a previsão orçamentária e para a alocação de recursos.

Com o objetivo de realizar atividades planejadas e antecipar as manutenções preventivas, existe a preocupação dos levantamentos dos defeitos de toda malha viária urbana. Um sistema de gerência de pavimentos tem por objetivo a otimização técnico-econômica do uso de recursos financeiros, de modo a proporcionar um transporte seguro, econômico e confortável de pessoas e bens. Esse objetivo será atingido comparando-se diferentes alternativas de investimentos, em nível de projetos e em nível de rede, e coordenando todas as atividades intervenientes no planejamento dos investimentos, como o dimensionamento, a construção, a manutenção e monitoramento periódico do seu desempenho.

1.1.2 Componentes de um Sistema de Gerência de Pavimentos

De acordo com Haas *et al.* (1978), um sistema de gerência de pavimentos é composto de um abrangente conjunto de atividades associadas ao planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos. Isso pode ser representado conceitualmente como mostra a Figura 1.2, que apresenta uma sequência lógica das atividades que podem ser realizadas por qualquer órgão gerenciador de pavimentos. Esse é um quadro amplo e abrangente, que permite a considerável variação de modelos e detalhes no interior de cada subsistema da fase principal.

Fonte: Adaptado de Haas *et al.*, 1978, p.19.

Figura 1.2 - Principais classes de atividades em um sistema de gestão de pavimentos.

As seis principais classes de atividades ou subsistemas da Figura 1.2 (ou seja, planejamento, projeto, construção, conservação, avaliação de pavimentos e a pesquisa) estão diretamente relacionadas umas às outras e qualquer uma pode ser de grande importância em dada situação.

O subsistema de planejamento envolve uma avaliação das deficiências e necessidades de melhoria do pavimento e o estabelecimento de prioridades para eliminar ou minimizar essas deficiências, bem como o desenvolvimento de um programa com datas definidas e orçamento para a execução de uma obra precisa.

O subsistema de projeto envolve a aquisição ou a especificação de uma variedade de informações de entrada, a geração de estratégias alternativas de projeto, a análise dessas alternativas, a sua avaliação econômica e, finalmente, de otimização para selecionar a melhor estratégia. As principais etapas de um SGP estão

representadas na Figura 1.2, onde o diagrama mostra como as atividades de projeto estão diretamente relacionadas a todas as outras atividades do sistema.

A construção traduz as recomendações de projeto para uma realidade física. Suas atividades principais incluem detalhamento das especificações de contratos e documentos, agendamento de operações de construção, controle de qualidade, bem como a aquisição e processamento de dados para transmissão para o banco de dados.

A fase de manutenção inclui o estabelecimento de uma programação de trabalhos de reparação, sua realização e também a aquisição e processamento de dados para transmissão para o banco de dados.

A avaliação do pavimento é uma fase do sistema de gerência de pavimentos que tem recebido considerável atenção por um número de agências durante a última década. Inclui a criação de seções de controle ou de avaliação para uma medição real periódica das características do pavimento, tais como a capacidade estrutural, irregularidade, defeitos e resistência à derrapagem. Esses dados são armazenados em um banco de dados a fim de serem utilizados para: (1) a verificação da adequação com que o pavimento está cumprindo sua função; (2) planejamento e necessidades de programação para futura reabilitação; (3) aprimorar as técnicas de projeto, construção e manutenção.

O subsistema do banco de dados foi identificado separadamente na Figura 1.2, a fim de enfatizar o seu papel na aquisição de dados de todas as atividades do pavimento de forma coordenada em nível central e seu papel simultâneo de ser uma base de informações para análise da eficácia das atividades. Bancos de dados podem variar de simples arquivos de registro manual até sofisticados sistemas informatizados.

A importância da pesquisa em um sistema de gerenciamento de pavimento depende dos recursos e das necessidades particulares da agência envolvida. As atividades de investigação podem ser iniciadas a partir de problemas relacionados com o planejamento, projeto, construção ou manutenção e, geralmente, fazem uso extensivo das informações adquiridas na avaliação. Na verdade, a avaliação pode ser, por vezes, considerada como uma investigação.

Uma característica essencial de um SGP é que deve ser capaz de ser utilizado por inteiro ou em parte em vários níveis, técnico e administrativo, em nível de projeto ou

em nível de rede. Todas as funções envolvidas são necessárias, mas nem todas precisam funcionar ao mesmo tempo.

O inter-relacionamento entre os níveis e tarefas de um SGP pode ser resumido na Figura 1.3 (HAAS *et al.*, 1994).

Fonte: Adaptado de HAAS *et al.*, 1994.

Figura 1.3 – Inter-relacionamento entre os níveis de um SGP e suas tarefas.

Em um SGP em nível de rede, as necessidades de manutenção e reabilitação dos pavimentos são ordenadas, hierarquizadas e priorizadas de acordo com critérios técnico-econômicos e políticos, cuja proposta primária é o desenvolvimento de um programa prioritário de manutenção, reabilitação ou a construção de novos pavimentos, onde as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira (HAAS *et al.*, 1994). “Neste ambiente incluem-se os administradores, legisladores, políticos e o corpo técnico de engenharia da instituição onde o SGP está implantado” (VILLELA, 1999).

Em nível de projeto, um SGP deve ser capaz de gerar uma lista que prioriza as necessidades anuais do pavimento. Tal avaliação se baseia nas condições dos

pavimentos e facilita a coerência no planejamento, programação e alocação de recursos (GRIVAS *et al.*, 1993). Nesse enfoque, as considerações detalhadas são tomadas como alternativas de atividades de projeto, construção, manutenção ou reabilitação para um trecho de rodovia (AASHTO, 1993). “O nível de projeto surge como consequência em um momento apropriado do programa e, essencialmente, envolve considerações técnicas e decisões políticas”(HAAS *et al.*, 1994).

1.1.3 Banco de Dados em Gerência de Pavimentos

Um banco de dados pode ser definido como um conjunto de procedimentos encadeados para processamento de dados interconectados de maneira coerente, acessível aos diferentes usuários, suscetível de ser modificado e atualizado continuamente (OCDE, 1987).

É com base no banco de dados que o pavimento é avaliado e são definidas estratégias para a sua manutenção, programação de serviços e acompanhamento dos resultados das intervenções a serem realizadas. Esse banco de dados deve estar sempre sendo alimentado com novos dados e também retroalimentado com dados referentes às consequências das decisões tomadas. A ausência de informações impede a formação dos produtos da organização; daí a tendência à autodestruição do sistema, chamada entropia (MARCON, 2000).

Um banco de dados de longo prazo é necessário para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho, ou para aperfeiçoar modelos existentes.

A Figura 1.4 apresenta de modo ilustrativo a relação do banco de dados com o sistema.

Fonte: adaptado de HAAS *et al.*, 1994.

Figura 1.4 - Relação do banco de dados com o sistema.

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER,2000), o grau de detalhes e a frequência das coletas e medições necessárias dependem do nível de gerência, do modelo para definição das prioridades a ser adotado e das exigências de cada organização rodoviária. No entanto, algumas características básicas se aplicam a todas as situações:

- os dados devem ser pertinentes, ou seja, não devem ser coletadas informações desnecessárias ou que de alguma forma não tenham influência no processo decisório;
- o sistema de coleta de dados deve ser confiável, devendo, portanto, ser cuidadosamente planejado e antecedido por eficiente treinamento de todo o pessoal envolvido no processo. Os dados devem, ainda, ser submetidos à análise crítica;

- as informações devem ser de fácil acesso e periodicamente atualizadas, por meio da estruturação de um banco de dados e de um eficiente sistema de referência;
- o custo dos levantamentos deve ser o menor possível, considerando o modelo de sistema gerencial que se pretende implementar.

Os principais elementos a serem incluídos dentro de um banco de dados genérico para um SGP são:

Identificação

- identificação da via
- classificação administrativa
- localização

Geometria

- largura do pavimento
- número de faixas
- número de pistas

Tráfego

- volume diário médio (VDM)
- porcentagem de caminhões
- uso predominante da via (residencial, serviços etc.).

Características gerais do pavimento

- tipo de pavimento (asfáltico, rígido, cascalhado etc.)

Estado do pavimento

- condições de superfície
- capacidade estrutural
- irregularidade
- resistência à derrapagem

Custos

- manutenção
- recapeamento
- reconstrução

- do usuário

O conteúdo da saída de um banco de dados pode ser apresentado de várias maneiras:

- listagens
- tabelas
- diagramas

1.1.4 Custos de Construção, Manutenção e Operação

Para manter um conjunto de estradas em condições de atender às necessidades de deslocamento de pessoas e de mercadorias, há de se incorrer em custos. Dependendo de sua natureza, esses custos podem incidir sobre o organismo que gerencia as estradas de uma região ou sobre os usuários das rodovias (DNIT, 2006).

Os principais custos iniciais e correntes que devem ser considerados na avaliação econômica de estratégias de pavimentação incluem:

- custos iniciais de construção; entre os custos incidentes sobre o organismo que gerencia as rodovias pode-se afirmar que os principais são os que incluem tanto custos de projeto como custos de construção. Enquanto os custos de projeto são frequentemente desconsiderados (ou são assumidos como sendo aproximadamente iguais para todas as alternativas), os custos de construção são geralmente considerados como muito importantes (senão os mais importantes) entre os componentes de custo;

Também devem ser considerados os custos referentes à desapropriação de áreas e demolições necessárias para a implantação de uma rodovia.

- custos de restauração: (recapeamentos, capas selantes, restauração, reconstrução etc.); os custos de restauração estão associados às atividades de recuperação superficial, restauração e reciclagem. As informações disponíveis são geralmente do mesmo tipo, qualidade e confiabilidade que as obtidas para construção de pavimento novo. A restauração pode ocorrer no início do período

de análise, caso em que é tratado como um custo inicial na avaliação econômica. Pode também ocorrer como um custo futuro para um pavimento novo ou reabilitado recentemente. Nestes casos é importante estimar tão precisamente quanto possível o tempo em que será necessária a restauração. Uma vez que custos de restauração podem ser consideravelmente grandes, o cronograma de tais custos no período de análise pode afetar significativamente os resultados; assim, deve ser determinada a sensibilidade da avaliação quanto ao período de restauração;

- custos de conservação rotineira ao longo do período de análise; embora sejam importantes na avaliação econômica de alternativas de reabilitação de rodovias, sua previsão com alguma acurácia é notadamente difícil. São influenciados pelo desempenho de pavimentos (que é também difícil de prever), tipo, extensão e duração de futuros trabalhos conservação e reabilitação, bem como por alterações nas premissas de projeto (isto é, mudanças nas configurações e carregamentos dos veículos). Além disso, verifica-se que as atividades e custos de conservação rotineira são documentados com menor precisão do que seria necessário para avaliações precisas;
- valor residual ao final do período de projeto; (que pode ser considerado um “custo negativo”);
- custos de engenharia e de administração;
- custos de controle de tráfego e operação da rodovia.

Esses custos podem ser calculados por meio de vários métodos de análise econômica aplicáveis para a avaliação de estratégias alternativas de projetos de pavimentos, de acordo com HUDSON *et al.*, (1978), podem ser:

1. Método do custo anual uniforme equivalente ou método do custo anual;
2. Método do valor presente;
3. Método da taxa de retorno;
4. Método da taxa benefício-custo;
5. Método do custo-efetividade;

Esses métodos têm a característica comum de serem capazes de considerar fluxos futuros de custos (por exemplo, métodos 1, 4 e 5), ou de custos e benefícios (por exemplo, métodos 2 e 3), de forma que investimentos alternativos possam ser comparados.

1.1.4.1 Método do Custo Anual

De acordo com Hudson *et al.* (1997), este método combina todos os custos iniciais e todos os gastos futuros periódicos em iguais parcelas dentro do período de análise. Em termos de equação, o método pode ser expresso da seguinte forma:

$$AC_{x_1,n} = crf_{i,n}(ICC)_{x_1} + (AAMO)_{x_1} + (AAUC)_{x_1} - crf_{i,n}(SV)_{x_1,n} \quad (1)$$

onde:

$AC_{x_1,n}$ = custo anual uniforme equivalente para alternativa x_1 , para uma vida de serviço ou período de análise de n anos;

$crf_{i,n}$ = fator de recuperação de capital para uma taxa i e n anos = $i (1 + i)^n / [(1+i)^n - 1]$

$(ICC)_{x_1}$ = custo de capital inicial para construção (incluindo-se custo atual de construção, custo de materiais, custos de engenharia, etc);

$(AAMO)_{x_1}$ = manutenção anual mais custos de operação para a alternativa x_1 ;

$(AAUC)_{x_1}$ = média anual dos custos do usuário para a alternativa x_1 (incluindo-se manutenção de veículos, tempo de viagem, acidentes e desconforto se designado);

$(SV)_{x_1,n}$ = valor residual, se houver, para a alternativa x_1 ao fim de n anos.

1.1.4.2 Método do Valor Presente

Conforme Hudson *et al.* (1997), este método pode considerar somente os custos, somente os benefícios, ou ambos juntos. Envolve o desconto de todas as somas futuras para o presente, usando uma taxa de desconto apropriada. O fator de desconto dos custos ou benefícios é dado por:

$$pwf_{i,n} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Onde:

$pwf_{i,n}$ = fator do valor presente para uma taxa de desconto i e um número n de anos para quando a soma for gasta ou economizada;

O método do valor presente somente para custos pode ser expresso através da equação:

$$TPWC_{X1,n} = (ICC)_{X1} + \sum_{t=0}^{t=n} pwf_{i,t} [(CC)_{X1,t} + (MO)_{X1,t} + (UC)_{X1,t}] - (SV)_{X1,n} pwf_{i,n} \quad (3)$$

onde:

$TPWC_{X1,n}$ = valor presente total de custos para a alternativa x_1 para um período de análise de n anos;

$(ICC)_{X1}$ = custo de capital inicial para construção (incluindo-se custo atual de construção, custo de materiais, custos de engenharia, etc.) para a alternativa x_1 ;

$(CC)_{X1,t}$ = custo de capital para construção, para a alternativa x_1 , em um ano t , onde $t < n$;

$pwf_{i,t}$ = fator do valor presente para uma taxa de desconto i para t anos = $1/(1+i)^t$

$(MO)_{X1,t}$ = custos de manutenção mais operação para a alternativa x_1 em um ano t ;

$(UC)_{X1,t}$ = custos do usuário (incluindo-se manutenção de veículos, tempo de viagem, acidentes e desconforto se designado) para a alternativa x_1 , em um ano t ;

$(SV)_{x_1,n}$ = valor de salvamento, se houver, para a alternativa x_1 ao fim do período de projeto de n anos.

O valor presente de benefícios pode ser calculado da mesma maneira que o valor presente de custos, usando a seguinte equação:

$$TPWC_{x_1,n} = \sum_{t=0}^{t=n} pwf_{i,t} [(DUB)_{x_1,t} + (IUB)_{x_1,t} + (NUB)_{x_1,t}] \quad (4)$$

Onde:

$TPWC_{x_1,n}$ = valor presente total de benefícios para a alternativa x_1 , para um período de análise de n anos;

$(DUB)_{x_1,t}$ = benefícios diretos dos usuários para a alternativa x_1 , em um ano t ;

$(IUB)_{x_1,t}$ = benefícios indiretos dos usuários para a alternativa x_1 , em um ano t ;

$(NUB)_{x_1,t}$ = benefícios dos não usuários para um projeto x_1 , em um ano t .

1.1.4.3 Método da Taxa de Retorno

Este método é usado por muitos órgãos rodoviários e considera custos e benefícios, determinando uma taxa de desconto. Hudson *et al.* (1997) enfatizam que os custos anuais equivalentes uniformes são iguais aos benefícios anuais equivalentes uniformes, ou seja:

$$AC_{x_1,n} = AB_{x_1,n} \quad (5)$$

Onde:

$AC_{x_1,n}$ = custos anuais uniformes equivalentes para a alternativa x_1 para um período de análise de n anos;

$AB_{x_1,n}$ = benefícios anuais uniformes equivalentes para a alternativa x_1 para um período de análise de n anos;

Aplicando o método da taxa de retorno, cada alternativa é, primeiramente, comparada com a original ou alternativa base para estabelecer a diferença em benefícios. Porém, esta é somente uma comparação com o original. É necessário calcular a taxa de retorno comparando as diversas alternativas $x_1, x_2, \dots, x_n$, o que é feito com o aumento dos custos entre as alternativas, tendo sucessivamente mais altos custos. Procedendo dessa forma, eliminam-se todas, menos uma alternativa, aquela que atingir a maior taxa de retorno.

Essa alternativa pode ou não ser economicamente atrativa, o que depende da decisão de uma taxa de retorno atrativa mínima. Por exemplo, se for decidido que um investimento deve ter uma taxa de retorno mínima de 10% para ser economicamente viável, qualquer alternativa que obtiver menor retorno deverá ser rejeitada.

1.1.4.4. Método da Relação Benefício/Custo

De acordo com Hudson *et al.* (1997), talvez este método seja o mais difundido entre os demais. Os benefícios são estabilizados pela comparação das alternativas. Usando a formulação do valor presente, como é preferida por diversos economistas, a relação benefício/custo pode ser expressa conforme equação posterior:

$$BCR_{x_j, x_k, n} = \frac{TPWB_{x_j} - TPWB_{x_k}}{TPWC_{x_j} - TPWC_{x_k}} \quad (6)$$

Onde:

$BCR_{x_j, x_k, n}$ = taxa benefício-custo da alternativa x_j comparada com a alternativa x_k (onde x_j rende os maiores benefícios, e representa um grande investimento), em cima de um período de análise de n anos;

$TPWB_{x_j}, TPWB_{x_k}$ = valor presente total de benefícios, respectivamente, para a alternativa x_j ;

$TPWC_{x_j}, TPWC_{x_k}$ = valor presente total de custos, respectivamente, para a alternativa x_k ;

O cálculo da relação benefício/custo para uma alternativa fixa é primeiro feito por comparação com o original ou alternativa base, usando a equação (6). Então, aquelas alternativas que apresentarem uma relação maior que 1,0 são comparadas. Procedendo a comparação de pares, usando a equação (6), será definida a melhor alternativa.

O cálculo da taxa benefício-custo para uma alternativa fixa é, primeiramente, feito por comparação com o original ou alternativa base, usando-se a equação posterior. Então, aquelas alternativas que apresentarem uma taxa maior que 1,0 são comparadas. Procedendo à comparação de pares, usando a equação posterior, revelar-se-á a alternativa desejavelmente mais econômica.

1.1.4.5 Método do Custo-Eficácia

Pode ser usado para comparar alternativas nas quais significados não monetários estejam envolvidos. Segundo Hudson *et al.* (1997), envolve uma determinação de vantagens ou benefícios, em termos subjetivos, como, por exemplo, taxa estética, índice de conforto, índice de serventia etc.

Os gastos neste método de análise são usualmente em termos de valor presente de custos. Porém, as medidas de eficácia não podem ser reduzidas a um valor presente somente. Então, devem ser representados pela média dos valores num dado período de tempo, ou por valores em certos períodos específicos. Por exemplo, considerem-se duas estratégias alternativas de projeto de pavimentos x e y com valores presentes de custos de R\$ 100.000,00 e R\$ 125.000,00, respectivamente. Considerando que a medida de eficácia usada é o PSI (Present Serviceability Index) após dez anos, se este PSI previsto é 3,8 para a alternativa y e 3,0 para a alternativa x, pelo método de custo-eficácia uma decisão deve ser tomada somente se o adicional (R\$ 25.000,00) para y justificar o alto PSI até os dez anos.

A seleção da mais apropriada alternativa de restauração é função principalmente dos resultados da avaliação econômica. Quando as alternativas atendem aos critérios

de projeto, a avaliação econômica é facilmente justificada como a única maneira de escolher a melhor alternativa (DNIT, 2006).

Os mais importantes benefícios econômicos da restauração são:

- redução do custo de operação dos veículos;
- redução dos custos futuros de conservação;
- economia do tempo de viagem de passageiros e das cargas;
- redução dos custos de acidentes;
- estímulo ao desenvolvimento econômico;
- acréscimo de conforto e utilidade.

Se todos os benefícios e custos de cada alternativa puderem ser descritos em termos monetários, diversos métodos de avaliação econômica (e com resultados equivalentes) podem ser utilizados para selecionar a melhor alternativa. Se, por outro lado, as alternativas não puderem ser perfeitamente descritas em termos econômicos, a decisão não será tão inequívoca.

A avaliação econômica fornece informações importantes para o engenheiro; porém, se não houver uma alternativa com superioridade econômica acentuada, poderão ser considerados alguns critérios não mensuráveis. Alguns exemplos de benefícios e custos não monetários são conforto e estética.

1.1.5 Os Custos dos Usuários

Segundo o DNIT (2006), os três principais tipos de custos para o usuário associados com o desempenho do pavimento são:

- Custo de operação dos veículos:
 - consumo de combustível;
 - desgaste de pneus;
 - manutenção do veículo;
 - consumo de lubrificantes;

- depreciação; e
- reposição de peças.
- Custo do tempo de viagem.

Os custos para o usuário estão relacionados, obviamente, a todos os fatores que afetam a irregularidade, como estrutura do pavimento, materiais empregados, tipo e período de restauração e frequência de conservação rotineira durante o período de análise.

Os custos operacionais também aumentam quando uma rota alternativa mais longa precisa ser utilizada ou quando o tráfego sofre redução de velocidade devido a interrupções por atividades de restauração. Isso também causa ao usuário custo em razão de demoras adicionais.

A Figura 1.5 ilustra como os custos com combustível, pneus, óleo, manutenção e peças do veículo, bem como a sua depreciação, tendem a se elevar com o aumento da irregularidade do pavimento.

Fonte: Adaptado do DNER, 1983.

Figura 1.5 – Ilustração das tendências dos componentes de custos de operação do veículo para o usuário em função da velocidade do pavimento.

1.1.6 Os Benefícios dos Usuários com os Serviços de Manutenção

Na categoria de benefícios oriundos das atividades de restauração de pavimentos está a redução de custos auferida pela sociedade com a execução de melhorias. Essa redução de custos pode ser devida ao menor desgaste de peças de veículos, menor consumo de combustível, redução do tempo de viagem e que se faz acompanhar da diminuição dos danos às mercadorias e aos veículos, bem como a elementos componentes da infraestrutura rodoviária, frequentemente danificados quando ocorrem acidentes. As vantagens, privilégios ou reduções de custo que ocorrem aos usuários (motoristas ou proprietários de veículos) devem-se à adoção de determinada alternativa quando comparada com a escolha de outra. Na pavimentação, em nível de projeto, a comparação deve ser feita entre duas ou mais estratégias distintas. Os benefícios são geralmente medidos em termos de reduções dos custos para o usuário (DNIT, 2006).

Para Hudson *et al.* (1997), os benefícios de um projeto de infraestrutura podem resultar em reduções de custos diretos ou indiretos e em ganhos nos negócios, como no uso da terra, melhorando a estética do local e aumentando as atividades da comunidade em geral.

Benefícios, no entanto, são, sobretudo, as reduções dos custos do usuário. Também é possível considerar benefícios as taxas adicionais ou proveitos totais gerados por um projeto. Para medir ou calcular benefícios é necessário definir os fatores que afetam os custos do usuário, de tempo, acidentes, custos operacionais, e assim por diante. Esses podem incluir o nível de serviço, aparência ou estética. No entanto, o primeiro fator é o nível de serviço, que pode ser medido de várias maneiras diferentes.

Durante a avaliação do projeto surge a questão de saber se os recursos gerados pelos benefícios devem ser incluídos no projeto ou serão transferidos para outro. Normalmente, essa questão é levantada com o projeto global e pode se relacionar ao ponto de vista de políticas públicas adotadas. É normal o uso deste conceito em

projetos na área de transportes, incluindo, assim, o conceito total esperado de uso nos cálculos dos custos e benefícios para os projetos de melhoria de infraestrutura.

1.1.7 Os Inconvenientes dos Usuários com os Serviços de Manutenção

Os serviços de manutenção de determinada seção de pavimento podem gerar alguns transtornos para os usuários. Dependendo do trânsito da região, podem se formar gargalos e congestionamentos no local da obra, além de aumentar o tempo de deslocamento, o que provoca aumento nos custos de transporte e um aumento desnecessário no consumo de combustíveis, com consequente aumento do impacto no meio ambiente.

1.1.8 Modelos de Priorização de Investimentos na Gerência de Pavimentos

Quando a manutenção ou a qualidade de um componente de infraestrutura atinge um nível inaceitável ou de intervenção, alguma ação é necessária. Este nível pode, por exemplo, consistir em manutenção e reabilitação, ou simplesmente em aumento da manutenção de rotina para manter a facilidade de ultrapassar o nível de intervenção.

Se uma instalação está no nível de intervenção, é necessário determinar as necessidades futuras com um modelo de desempenho ou modelo de previsão de deterioração (isto é, o tempo ou o ano em que a instalação ou componente é estimado para alcançar o nível de intervenção) (HUDSON *et al.*, 1997).

Se os fundos suficientes estão disponíveis (ou seja, há um orçamento sem restrições), as necessidades podem ser resolvidas quando ocorrem. A situação habitual que ocorre na maioria das obras de infraestrutura públicas é trabalhar com um

orçamento limitado ou restrito. Nesses casos, prioridades devem ser definidas, como em que, onde e quando o trabalho será feito.

Segundo Hudson *et al.* (1997), a priorização como um todo envolve quatro etapas fundamentais: (1) aquisição de informação, (2) processamento e interpretação; (3) determinação das necessidades atuais e futuras, e (4) análise de prioridades e dos resultados, como mostrado na Figura 1.6. Além disso, existem elementos-chave associados à deterioração do desempenho ou modelos, níveis de intervenção, restrições orçamentárias, período de programação selecionada e estratégias alternativas disponíveis.

Os modelos reais, métodos e procedimentos no âmbito da Figura 1.6 podem variar de muito simples a muito sofisticados. Por exemplo, a priorização pode simplesmente envolver alguns dados de inventário de base, um relatório anual, um período de programa, a determinação das necessidades, uma análise de prioridades e um programa de trabalho escolhido pelo julgamento da engenharia. No outro extremo, que pode envolver um amplo banco de dados, um período do programa plurianual, multifatorial modelos de deterioração, os procedimentos de análise de decisão para identificar possíveis estratégias alternativas, um método de programação matemática para análise de prioridade e o estabelecimento de programas de trabalho com base na otimização.

Independentemente da abordagem utilizada, o resultado final, em termos de progresso recomendado de trabalho, deverá responder às seguintes perguntas:

- Que projetos ou componentes de infraestrutura devem receber a ação?
- Qual ação (manutenção, reabilitação e reconstrução) deve ser aplicada?
- Quando o trabalho deve ser feito?

Fonte: Adaptado de Hudson *et al* 1997.

Figura 1.6– Quadro de Prioridades.

A metodologia, do quadro de prioridades da Figura 1.6, mostra como estas questões ao mesmo tempo não são simples. No entanto, se as despesas forem compatíveis com os recursos disponíveis e o orçamento for alcançado, todas as combinações possíveis de que, o quê e quando devem ser consideradas e avaliadas.

Muitos são os critérios ou modelos para priorização de intervenções encontrados na literatura. Alguns, denominados modelos computacionais, utilizam métodos estatísticos ou sistemas lineares para resolver as questões que envolvem vários milhares de dados. Nestes modelos computacionais, o benefício é calculado pela diferença dos custos operacionais do trecho considerando-se a irregularidade do pavimento avaliado e a previsão da irregularidade após a intervenção de manutenção, em um dado período de análise.

Outros tentam simplificar estas metodologias para que possam ser facilmente utilizadas por técnicos ligados às áreas de manutenção de redes pavimentadas,

forneendo os resultados básicos necessários para um SGP eficiente. Segundo Bodi & Balbo (1998), uma das possibilidades de simplificação dos modelos computacionais verificada foi através de equações de regressão linear múltipla que permitem determinar o benefício ou a relação benefício/custo de uma obra de manutenção de pavimentos em função das variáveis independentes utilizadas nesses modelos, onde se determina os coeficientes de regressão de modo a reduzir ao máximo as diferenças entre os resultados obtidos por meio de tais equações comparadas ao do modelo completo.

Com o avanço dos estudos e pesquisas na área da gerência de pavimentos, surgiram muitas possibilidades de priorização simplificadas. Entre elas pode-se citar o modelo para gerenciar malhas viárias de pequenas comunidades norte-americanas elaborado por Tavakoli *et al* (1992); o modelo empírico do antigo DNER, baseado no índice de condição dos pavimentos; e também o modelo de priorização estatístico desenvolvido por Bodi & Balbo (1998). Para permitir uma melhor compreensão dos chamados "modelos simplificados" de priorização, as metodologias anteriormente citadas serão a seguir descritas.

1.1.8.1 Modelo de Tavakoli

O modelo de Tavakoli é em sistema de gerenciamento de pavimentos composto por um modelo organizacional que cataloga os pavimentos para reconhecer a sua condição atual, verifica suas taxas de deterioração, e revisa os vários métodos e graus de manutenção e reparação para avaliar os custos dos reparos, agora e em um futuro próximo. O sistema também compara, prioriza e atribui recursos para as diversas alternativas e programas de manutenção. O objetivo do sistema de gerenciamento de pavimentos é otimizar o valor dos fundos de manutenção, para fornecer a qualidade mais alta possível para o pavimento dos recursos alocados.

A estrutura do modelo é composta por sete módulos: (1) inventário; (2) levantamento de defeitos; (3) manutenção / reabilitação; (4) custos unitários; (5) taxas de deterioração; (6) ordem de prioridades e objetivos, e (7) módulo de *backup*.

Cada módulo possui suas particularidades que estão apresentadas a seguir.

- **Inventário:** O módulo de inventário do modelo de Tavakoli efetivamente abriga os dados do inventário para o sistema de pavimento. O módulo de inventário é composto por: (1) Um formulário de inventário urbano; (2) um formulário de inventário vias não pavimentadas, e (3) um formulário resumido de manutenção. Para realizar um inventário, primeiramente divide-se o pavimento em seções, e os formulários para o inventário devem conter os seguintes dados de cada seção: identificação da seção (número da seção, nome e classe funcional), as características do pavimento (tipo, largura, número de pistas), as características do acostamento (tipo, largura), sistema de drenagem, o fluxo de tráfego (tráfego médio diário de caminhões), serviços públicos de cada seção, e informações históricas.

O formulário de manutenção contém o histórico de manutenção de cada seção (atividades de manutenção da seção, tipo de pavimento, espessura, data da manutenção e custo unitário). As seções podem ser facilmente adicionadas, excluídas ou modificadas neste módulo.

- **Levantamento de Defeitos:** O módulo de levantamento de defeitos armazena os dados dos defeitos para as seções do pavimento. O módulo de levantamento dos defeitos consiste em: (1) um formulário de defeitos de dados urbanos (2) um formulário de defeitos de dados de vias não pavimentadas; e (3) uma rotina da verificação.

A sequência para a realização do levantamento de defeitos é feita da seguinte maneira:

1. Levantar a taxa de defeitos de cada seção usando cinco formulários de dados diferentes, cada um para um tipo de pavimento.
2. Identificar o tipo de defeito para cada tipo de pavimento, de acordo com a Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Defeitos para diferentes tipos de pavimentos.

Tipo de Pavimento	Defeitos
Pavimento Asfáltico	Afundamento de trilha de roda, desgaste ou oxidação, exsudação, coroações, trincas couro de jacaré, fissuras transversais ou longitudinais e buracos.
Pavimento Rígido	alçamento, escamação ou delaminação, fissuras em mapa, fissuras longitudinais e transversais, degrau de junta, perda de selante nas juntas.
Pavimento Composto	alçamento, perda de aderência entre camadas, fissura por reflexão de trincas, fissura por escorregamento de massa, desgaste ou oxidação.
Pavimento de Blocos de Concreto ou Paralelepípedo	deslocamento, buracos, afundamento de trilha de roda, recalques e elevação.
Pavimento Cascalhado	afundamento de trilha de roda, coroações, buracos, perda de agregado, escorregamentos, erosão superficial e formação de poeira.

3. Determinar a gravidade do defeito: baixo, moderado ou alto.
4. Medir ou estimar a porcentagem de área afetada: 1-5%, 6-25%, 26 - 50%, ou 51-100%.
5. Entrar no modelo com o número da seção, o fator de manutenção (0 para pouco ou nenhum custo de manutenção a 5 para altos custos de manutenção) e os dados dos defeitos de cada seção.
6. O modelo de Tavakoli atribui pontos para cada tipo de defeito, quantidade e severidade e calcula os pontos de defeitos totais para cada seção. Os totais de pontos dos defeitos indicam a condição de uma seção: quanto menores forem os pontos de defeitos totais, melhor é a condição deste pavimento, e vice-versa. Os dados dos levantamentos dos defeitos são tão precisos quanto os realizados no módulo de inventário.
7. O índice de condição do pavimento (PCI) é determinado subtraindo-se os pontos de defeitos totais de 100. O PCI mais baixo possível é zero. O PCI é usado para determinar o plano de ação que será utilizado na seção.

8. Utiliza-se uma estratégia de manutenção e reabilitação para a seção:

1A= não fazer nada;

A= manutenção de rotina;

B = manutenção preventiva;

C = ação emergencial

D= reabilitação,

E = reconstrução

O modelo somente permite a seleção das estratégias adequadas para um valor do PCI previamente calculado.

- **Manutenção/Reabilitação:** O módulo de manutenção/reabilitação oferece ao usuário a opção para rever e modificar a estratégia de manutenção/reabilitação (especificada no módulo de levantamento de defeito) para uma seção. A opção está disponível para ajudar o usuário na modificação de uma estratégia para cada um dos cinco diferentes tipos de pavimento e/ou na seleção de várias técnicas de reparo que se enquadre em cada nível de estratégia
- **Custos Unitários:** O módulo de custos unitários abriga o custo unitário padrão (valor/ m²) associado com estratégias de manutenção/reabilitação para cada tipo de pavimento. Estes custos unitários são introduzidos por profissionais de gestão de pavimentos, que mantêm os dados de custo atual de manutenção e construção do pavimento das rodovias. As unidades de despesas previstas no módulo podem ser facilmente atualizadas a qualquer momento.
- **Taxas de Deterioração:** O módulo de deterioração determina as taxas de manutenção/ reabilitação de uma seção e a estratégia que será colocada para o

ano seguinte com base na manutenção do exercício em curso e da estratégia de reabilitação.

A seleção de cinco taxas de deterioração é automática: manutenção preventiva com recursos, ação emergencial, reabilitação com recursos, reconstrução com recursos e reconstrução sem recursos. Os recursos para a manutenção/reabilitação das seções é proveniente de fundos da comunidade ou de verbas do órgão que está gerenciando o empreendimento. Ao executar o modelo de Tavakoli várias vezes, utilizando números diferentes de anos em cada execução do programa, podem-se determinar recursos comparando custos projetados *versus* receitas reais.

Seções com baixa prioridade receberão *status* de sem recursos em razão da falta de fundos. Essas seções irão se deteriorar (as seções que receberam os recursos terão sido reparadas), o que coloca as seções sem recursos no topo da lista de prioridade no ano seguinte. Por exemplo, para as seções com recursos para reabilitação no ano em curso será atribuída uma estratégia de não fazer nada no ano seguinte.

As taxas da deterioração são pré-ajustadas no modelo de Tavakoli, como mostra a Tabela 1.2; entretanto, quatro dessas estratégias de manutenção e reabilitação podem facilmente ser ajustadas: não fazer nada, manutenção de rotina, a manutenção preventiva sem recursos e a reabilitação sem recursos. Baseado nas taxas da deterioração do pré-ajuste, 50% das seções com a estratégia de manutenção de rotina no ano em curso terão a manutenção de rotina como estratégia no próximo ano, e 50% terão como estratégia a manutenção preventiva. Para 50% das seções com prioridade mais elevada será aplicada uma estratégia de manutenção preventiva.

Tabela 1.2 – Suposições de taxas de deterioração.

SUPOSIÇÕES DE TAXAS DE DETERIORAÇÃO		
Estratégia	Ano Corrente	Próximo Ano
1A	1A	50% 1A e 50% A
A	A	50% A E 50% B
B (com recursos)	B	A
B (sem recursos)	C	50% B e 50% D
C	C	D
D (com recursos)	D	1A
D (sem recursos)	C	50% D e 50% E
E (com recursos)	E	1A
E (sem recursos)	C	E

Legenda: Valores de entrada 0-100 para que a dois valores somem 100.

Fonte: Adaptado de TAVAKOLI *et al.*, 1992.

- Ordem de Prioridades e Objetivos: O módulo das prioridades tem os seguintes objetivos: (1) calcular as avaliações da prioridade para todas as seções; (2) estimar os custos totais da manutenção e da reabilitação; (3) priorizar a seções específicas; e (4) computar os objetivos de longo alcance. O índice da prioridade (PI) para cada seção é calculado depois que todos os parâmetros exigidos são incorporados ao inventário, ao levantamento de defeitos, à reabilitação da manutenção e aos módulos das taxas da deterioração. O índice de prioridade é calculado pela seguinte fórmula:

$$PI = \frac{1}{PCI} \times TF \times FC \times TR \times MF \quad (7)$$

Onde:

PI = índice da prioridade;

PCI = Índice de condição do pavimento

TF = fator de tráfego

FC = fator de classificação funcional

TR = fator de rota

MF = fator de manutenção

Para calcular cada um destes fatores apresentados na fórmula anterior, utilizam-se os seguintes dados da Tabela 1.3:

Tabela 1.3 – Dados para o cálculo do índice de prioridade.	
Fator	Dados
PCI	PCI = 100-total de pontos de defeitos
TF	Tráfego Diário Médio (TDM)
	TDM = 0-99 TF= 10;
	TDM =100-499 TF= 20;
	TDM =500-999 TF= 30;
	TDM =1000-1999 TF= 40;
	TDM =2000-4999 TF= 50;
	TDM ≥ 5000 TF= 100;
FC	Arterial = 1,2
	Coletora =1,1
	Local = 1,0
TR	Trânsito = 1,0
	Escolar = 1,1
MF	$MF = \frac{1 + \text{índice de manutenção}}{10}$

Depois que o índice da prioridade é calculado para cada seção, o modelo estima automaticamente os custos totais da manutenção e da reabilitação para todas as seções usando os parâmetros do inventário e da manutenção/reabilitação e dos módulos dos custos de unidade. A estimativa dos custos totais para a manutenção e a reabilitação é usada mais tarde, para computar os objetivos de longo alcance.

Calculados os índices de prioridade para seções individuais, esses podem ser anulados por dados de entrada do usuário no modelo, resultando em maiores índices de prioridade. Esta opção é útil quando algumas seções possuem importância política ou outra. Isso garante que seções específicas serão marcadas para a manutenção e reabilitação, embora outras seções possam ter maior necessidade.

- Módulo de *Backup*: Este módulo serve para proteger contra perda de dados e serve para fornecer um registro histórico de alocação e gestão de pavimento e tomada de decisões.

1.1.8.2 Modelo de Priorização do DNER

Desenvolvido pelo extinto DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, atual DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes, este modelo apresenta um índice de prioridades (IP), relacionando o índice de estado da superfície (IES) e o custo operacional dos veículos (IC). A Tabela 1.4 apresenta a determinação do IES em função do índice de gravidade global estimado (IGG) e do valor de serventia atual (VSA); a Tabela 1.5 permite determinar o IC em função do quociente de irregularidade (QI) e do volume diário médio de tráfego (VDM).

Tabela 1.4 - IES – Índice de estado de superfície.

Conceito	IGG	VSA<2,5	2,5<VSA<3	3<VSA<3,5	3,5<VSA<4	VSA>4
Excelente	<15	*	*	5	3	0
Bom	>15 e <30	*	6	6	4	2
Regular +	>30 e <60	8	7	7	5	4
Regular -	>60 e <80	9	8	8	6	*
Ruim	>80 e <120	10	9	9	*	*
Péssimo	>120	10	10	*	*	*

Fonte: DNER, 1993 (* Casos incoerentes ou inconsistentes).

Tabela 1.5- IC - Índice de custo operacional.

QI (contagens /km)	VDM<8000	8000<VDM<12000	12000<VDM<25000	VDM>25000
QI<22	0	2	4	6
22<QI<40	1	3	5	7
40<QI<55	2	4	7	9
QI>55	3	5	8	10

Fonte: DNER, 1993

Por meio dos parâmetros IES e IC determina-se o índice de prioridades (IP) através da seguinte equação:

$$IP = \frac{p_1.IC + p_2.IES}{p_1 + p_2} \quad (8)$$

onde:

“IP” é o índice de priorização;

“IC” é o índice de custo operacional (Tabela 1.5);

“IES” é o índice de estado da superfície (Tabela 1.4);

“p1” e “p2” são pesos de ponderação para atribuir maior importância a um índice em detrimento do outro.

A escala de avaliação final varia de 0, para trechos que não necessitam de intervenção imediata, a 20, escala máxima de prioridade em relação aos outros trechos.

1.1.8.3 Modelo de priorização desenvolvido por Bodi & Balbo

Este modelo de priorização foi desenvolvido pelo Departamento Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em convênio com a Prefeitura do Município de São Paulo entre 1991 e 1994. Utiliza variáveis de tráfego e o valor de serventia atual-VSA (Carey & Irick, 1960) dos pavimentos da malha viária do município de São Paulo para se chegar a uma relação de prioridades para intervenções de manutenção nos trechos avaliados.

No modelo computacional o benefício é calculado pela diferença dos custos operacionais do trecho levando-se em conta a irregularidade do pavimento recém-avaliado e a simulação da irregularidade após a intervenção de manutenção, em um período de análise de 5 anos.

O modelo utilizado na cidade de São Paulo priorizou somente as intervenções de reforço de pavimentos, pois os órgãos responsáveis pela manutenção da cidade tradicionalmente só utilizam camadas de reforço com ou sem fresagem prévia nos

serviços de manutenção periódica, conforme a Tabela 1.6, o que simplificou os trabalhos de priorização, que puderam ser realizados unicamente através do levantamento do VSA.

Desta forma, foi verificada a possibilidade de se correlacionar os dados levantados em campo (VSA, dimensões físicas dos trechos, VDM total e segregado, custos) e vinculá-los aos resultados de priorização obtidos através do modelo, tais como benefício do usuário ou benefício/custo de uma intervenção de manutenção.

Através de funções logarítmicas montaram-se equações por regressão linear múltipla, fazendo com que qualquer técnico que disponha de informações como o valor de serventia (VSA) do trecho do pavimento que se quer analisar e do volume de tráfego (VDM) poderá calcular o benefício/custo ou o benefício do usuário no caso da execução de um serviço de manutenção.

De acordo com Bodi & Balbo (1998), o modelo computacional priorizou e otimizou as alternativas de manutenção 3, 4, 6, 7 e 8 que estão relacionadas na Tabela 1.6. Assim, foram desenvolvidos cinco modelos estatísticos, conforme apresentados na Tabela 1.7.

Tabela 1.6 - Alternativas de Serviços de Manutenção Levados em Conta no Estudo.

Número da Alternativa	Especificação do tipo de serviço de manutenção
1	Fresagem (5 cm) + Binder (5 cm) + Capa (5 cm)
2	Fresagem (5 cm) + Binder (5 cm) + Capa (4 cm)
3	Reforço com Binder (5 cm) + Capa (5 cm)
4	Reforço com Binder (5 cm) + Capa (4 cm)
5	Fresagem (3 cm) + Capa (5 cm)
6	Fresagem (3 cm) + Capa (4 cm)
7	Reforço com Capa (5 cm)
8	Reforço com Capa (4 cm)
9	Não intervir

Fonte: Fonte: Bodi & Balbo, 1998, p.8.

Tabela 1.7- Modelos estatísticos para priorização.

FORMA DO MODELO	
$B/C = 0,22927.VSA^{-2,76622}.Va^{0,82604}.Vo^{-0,0872}.Vc^{-0,18368} \quad (09)$	
<p>$R^2 = 0,88$; 20 trechos analisados</p> <p>para reforços de 9 a 10 cm de espessura, custos unitários US\$12,92 e US\$ 13,45/m²</p>	
$B/C=0,04176.VDM^{0,79165}.VSA^{-2,81645} \quad (10)$	
<p>$R^2 = 0,87$; 20 trechos analisados</p> <p>para reforços de 9 a 10 cm de espessura, custos unitários US\$12,92 e US\$ 13,45/m²</p>	
$B/C=2,07893.VDM^{0,51173}.VSA^{-4,17591} \quad (11)$	
<p>$R^2 = 0,90$; 15 trechos analisados</p> <p>reforço 4 cm e fresagem de 3 cm de espessura, custo unitário US\$9,20/m²</p>	
$B/C=0,01259.VDM^{0,94202}.VSA^{-2,70351} \quad (12)$	
<p>$R^2 = 0,92$; 100 trechos analisados</p> <p>reforço de 4 a 5 cm de espessura, custo unitário US\$ 6,09</p>	
$B/C=2,8383.Va^{0,3585}.Vc^{0,06544}.Vo^{0,236089}.VSA^{-2,71850} \quad (13)$	
<p>$R^2 = 0,95$; 79 trechos analisados</p> <p>reforço de 10 cm de espessura, custo unitário US\$ 13,45/m²</p>	
<p>Fonte: Bodi & Balbo, 1998. (Va é o volume de automóveis, Vo é o volume de ônibus, Vc é o volume de caminhões no volume diário médio).</p>	

Para esta metodologia, a escala varia em função de cada um dos modelos, sendo necessário observar o volume diário médio de tráfego atuante em cada rodovia. Para o caso estudado, o B/C (ou IP) apresentou uma variação de 0 a 2,805.

O menor valor representa a não necessidade de intervir, ao passo que o índice maior representa a real necessidade de intervenção, ou seja, o trecho prioritário.

De acordo com os autores, a simplificação na determinação do benefício/custo permite a utilização do modelo até por pequenas cidades, dando aos gerentes de

manutenção viária dessas localidades condições de priorizar os trechos de pavimentos que propiciarão um maior benefício aos usuários e, simultaneamente, estarão iniciando a implantação de critérios gerenciais que possibilitam reduzir bastante o desperdício ou a aplicação inadequada dos recursos públicos.

Dessa forma, utilizando qualquer um dos modelos estatísticos anterior, pode-se obter de forma satisfatória e fácil uma sequência de prioridades de intervenção em cidades do porte de São Paulo ou em qualquer cidade que possua em comum os mesmos tipos de pavimentos e de veículos circulando.

1.1.8.4 O Modelo Global HDM-4 do Banco Mundial

O HDM - Highway Design and Management Modal foi criado em 1976 pelo Banco Mundial. De ampla utilização em todo o mundo, tem sido aperfeiçoado ao longo dos anos, sendo sua mais recente versão o HDM-4, usado no Brasil não só no âmbito federal, mas também em nível estadual, no planejamento e gerenciamento de intervenções na rede rodoviária.

O HDM é um modelo que simula condições físicas e econômicas de rodovias durante o período de análise, normalmente um ciclo de vida, para uma série de alternativas e cenários especificados pelo usuário. O modelo é projetado para fazer estimativas de custo e avaliações econômicas de diferentes opções de construção e manutenção, incluindo diferentes alternativas de estágios de tempo, tanto para o projeto de uma rodovia conhecida em um alinhamento específico, como para grupos de conexões em uma rede inteira.

O HDM-4 utiliza um método de priorização baseado no conceito de análise de custo-benefício para o ciclo de vida do pavimento, ou seja, utiliza um modelo de otimização que prevê o desempenho do pavimento em função do volume de tráfego, da carga transmitida pelas rodas, capacidade estrutural, padrões de manutenção e questões ambientais na rede. Os benefícios são quantificados em termos de menor

custo de operação de veículos, reduzido tempo de viagem, menor número de acidentes e melhora nos efeitos ambientais.

Portanto, partindo desses conceitos, o HDM-4 caracteriza-se pela aplicação de três etapas geralmente utilizadas na tomada de decisão na gerência de rodovias (CAFISO *et al.*, 2002; GAO, 2004):

- Planejamento estratégico: estima o orçamento necessário a médio e longo prazo para o desenvolvimento e manutenção de uma rede viária em vários cenários orçamentários e econômicos. A análise de estratégias determina as necessidades e/ou prevê o desempenho do pavimento na ótica de orçamentos restritos para a rede inteira. A rede é, primeiramente, dividida em diferentes categorias (pavimento flexível, de concreto, paralelepípedos etc.); para cada categoria são definidos o volume de tráfego, a carga e os padrões de manutenção; então, os benefícios são calculados para cada tratamento específico a ser utilizado.
- Programa de análises: estabelece as atividades por um ou múltiplos anos sob restrição orçamentária, identificando, por meio de um planejamento tático, as seções que requerem manutenção, melhorias ou novas construções. Esta etapa prioriza projetos candidatos em cada ano dentro do período de análise, com um orçamento anual restrito e considerando sempre a relação benefício/custo. Tem-se, por fim, uma lista de projetos.
- Análise de projetos: estima a viabilidade econômica e de execução de diferentes projetos de investimentos rodoviários associados aos efeitos ambientais. Desenvolve-se a análise de projetos, na qual um ou mais projetos de estradas (ou vias) ou opções de investimentos são avaliados. Avaliam-se diferentes alternativas de tratamentos baseado no custo e benefício do usuário, nas previsões de deterioração durante o ciclo de vida, nos custos e efeitos das atividades de manutenção e reabilitação etc.

Para essas três etapas de trabalho, o HDM-4 possui uma linha de operações baseada no conceito de análise do ciclo de vida do pavimento, envolvendo a análise de desempenho do pavimento, consequências e custos de serviços rodoviários, juntamente com estimativas dos custos dos usuários e consequências ambientais e,

ainda, a comparação econômica de diferentes alternativas de projetos (KERALI *et al.*, 2000).

O HDM-4 permite que seja feita a escolha da alternativa de investimento mais vantajosa entre as opções competitivas, com a avaliação do desempenho de cada investimento por meio de indicadores econômicos, como o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e da Relação Benefício-Custo.

O Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto de investimento é igual ao valor presente de suas entradas de caixa menos o valor presente de suas saídas de caixa. Para cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como taxa de desconto.

O valor presente líquido calculado para um projeto significa o somatório do valor presente das parcelas periódicas de lucro econômico gerado ao longo da vida útil desse projeto, ou seja, agregam-se em um único índice as correntes de benefícios e custos e determinam-se, para cada alternativa, os recursos necessários na data presente que cubram todos os custos do investimento proposto para o período de projeto analisado. O lucro econômico pode ser definido como a diferença entre a receita e o custo operacional, acrescido do custo de oportunidade do investimento. O VPL tem sido o critério de investimento mais importante em decisões sobre investimentos públicos.

$$VPL = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t) x (1 + r)^{-t} \quad (14)$$

em que:

T: período de projeto (anos);

B_t: quantidade de benefícios no ano t;

C_t: quantidade de custos no ano t;

r: taxa de desconto.

Um projeto de investimento pode ter um Valor Presente Líquido que seja maior do que zero, o que significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa; igual a zero, no qual o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas de caixa é igual ao das saídas; menor do que zero, que indica que o investimento não é

economicamente atrativo porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o das saídas. Entre vários projetos de investimento, o mais atrativo é aquele que tem maior Valor Presente Líquido.

Com frequência ocorrem situações em que o orçamento disponível para os projetos rodoviários não são suficientes para empreender todos os projetos apresentados obtendo retorno positivo econômico, ou seja, projetos com valores presentes líquidos (VPL) positivos. Em tais situações, um método formal para selecionar projetos e para incluí-los dentro do orçamento pode ser aplicado. O racionamento de capital ou orçamento pode ser aplicado a um grupo de projetos que satisfaçam a uma das seguintes condições (KERALI *et al.*, 2000):

- projetos que são independentes uns dos outros (por exemplo: projetos de estradas de diferentes partes do país);
- projetos mutuamente exclusivos (por exemplo: projetos que são alternativas um do outro) quando apenas uma alternativa pode ser selecionada.

As regras do orçamento de capital de VPL podem ser aplicadas em ambas as situações em que os fundos suficientes são disponíveis e também quando há um orçamento restrito. As regras estão resumidas:

- quando os fundos disponíveis são suficientes para realizar todos os projetos; selecionar todos os projetos independentes com $VPL > 0$ e selecionar as alternativas mutuamente exclusivas de projeto com maior VPL;
- quando o racionamento de capital deve ser aplicado devido à falta de fundos; selecionar projetos independentes com o maior VPL para taxa de custo, selecionar projetos mutuamente exclusivos utilizando o método do VPL incremental da taxa de custo.

A análise incremental é usada para testar se o aumento entre o VPL para o aumento dos custos entre alternativas de projetos mutuamente exclusivos é maior do que uma relação especificada marginal. Se a proporção é maior do que um valor especificado marginal, a alternativa de projeto está incluída entre aqueles que devem ser financiados. O valor marginal é normalmente determinado a partir da relação custo/benefício, do projeto de estrada no limite do orçamento.

Além dos métodos de priorização econômica anteriormente descritos, o HDM-4 (versão 2) inclui outro método de definição de prioridades, com base em um quadro de análise multicritérios que considera uma maior série de questões relacionadas com o transporte. Esses incluem a eficiência econômica, a segurança rodoviária, as questões ambientais, eficiência energética e as preocupações políticas.

1.1.9 Parâmetros de Condições Superficiais dos Pavimentos

Uma das finalidades de um SGP é poder fornecer informações e quantificar as recomendações específicas para as ações necessárias em um determinado pavimento, mantendo uma rede de pavimento num nível de serviço aceitável e, ao mesmo tempo, minimizando os custos de conservação e de restauração e maximizando os benefícios.

Para isso é necessário algum parâmetro ou indicador que o auxilie nesse processo. Existem muitos métodos que se propõem a estabelecer um índice de qualidade para um segmento de pavimento a partir de análise e estatísticas relacionadas aos diversos defeitos encontrados sobre a superfície do pavimento.

Os defeitos, levantados através de critérios objetivos (com auxílio de recursos visuais), podem gerar parâmetros considerados como:

- qualitativos;
- quantitativos;
- ou ambos.

Existem também métodos que qualificam um pavimento do ponto de vista funcional, em especial quanto ao conforto ao rolamento.

Os métodos apresentados neste trabalho são: o Índice Internacional de Irregularidade (IRI), Quociente de Irregularidade (QI) e o Índice de Condição do Pavimento (ICP).

1.1.9.1 Índice Internacional de Irregularidade

As irregularidades longitudinais, conforme citado na literatura por diversos autores, são, atualmente, o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. São decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito.

Haas *et al.* (1994) citam que a dinâmica dos veículos é afetada pelas distorções na superfície, as quais causam desgaste, acréscimos no tempo de viagem e na manutenção. Portanto, tais distorções têm grande influência no custo de operação dos veículos, provocando também neles os deslocamentos verticais e laterais, originados das respectivas acelerações.

O procedimento para o cálculo do índice internacional de irregularidade (IRI) a partir do perfil longitudinal obtido com o perfilômetro a *laser* tem como fundamentação a norma ASTM E 1364 – 95 (Revista em 2000).

O processamento para a determinação do IRI (SAYERS *et al.*, 1986) é realizado pelo cálculo de quatro variáveis como funções relacionadas com o perfil analisado. Tais variáveis simulam o efeito do tráfego de um veículo padrão sobre o perfil em foco. As equações a seguir, 15, 16 e 17, são resolvidas para cada ponto, exceto para o primeiro. A inclinação média ao longo dos primeiros 11 m (0,5s a 80 km/h) é usada para o cálculo das variáveis, atribuindo os seguintes valores:

$$z_1' = z_3' = (Y_a - Y_1) / 11 \quad (15)$$

$$z_2' = z_4' = 0 \quad (16)$$

$$a = 11 / dx + 1 \quad (17)$$

onde :

Y_a representa o “a-ésimo” ponto levantado do perfil, Y_1 o primeiro ponto e dx é o intervalo da amostra. Assim, para um intervalo $dx = 0,25m$, a equação 15 usaria a

diferença entre o 45º (quadragésimo quinto) ponto do perfil e o primeiro ponto até estabelecer uma inclinação inicial para o cálculo do IRI. As quatro seguintes equações, 18,19,20 e 21, são então resolvidas para cada ponto do perfil, de 2 a n (sendo n = número de pontos levantados).

$$Z_1 = Z_{11} \times Z_1' + Z_{12} \times Z_2' + Z_{13} \times Z_3' + Z_{14} \times Z_4' + P_1 \times Y' \quad (18)$$

$$Z_2 = Z_{21} \times Z_1' + Z_{22} \times Z_2' + Z_{23} \times Z_3' + Z_{24} \times Z_4' + P_2 \times Y' \quad (19)$$

$$Z_3 = Z_{31} \times Z_1' + Z_{32} \times Z_2' + Z_{33} \times Z_3' + Z_{34} \times Z_4' + P_3 \times Y' \quad (20)$$

$$Z_4 = Z_{41} \times Z_1' + Z_{42} \times Z_2' + Z_{43} \times Z_3' + Z_{44} \times Z_4' + P_4 \times Y' \quad (21)$$

onde,

$$Y' = (Y_i - Y_{i-1}) / dx = \text{inclinação de entrada}; \quad (22)$$

$$z_j' = z_j \text{ da posição anterior, } j = 1,4; \quad (23)$$

s_{ij} e p_j são coeficientes fixados para um dado intervalo da amostra, dx.

Assim, as equações 18 a 21 são resolvidas para cada posição ao longo da trilha de roda. A equação 23 é usada para ajustar os valores de Z_1' , Z_2' , Z_3' , e Z_4' para a posição subsequente. Também para cada posição, a inclinação corrigida (RS) do perfil analisado é computada como mostrado na equação 24:

$$RS_i = |Z_3 - Z_1| \quad (24)$$

O IRI estatístico é a média da variável de RS sobre o comprimento do local. Assim depois que as equações anteriores foram resolvidas para todos os pontos do perfil, o IRI é calculado pela equação 25, da seguinte forma:

$$IRI = [1/(n-1)] \times \sum_{i=2}^n RS_i \quad (25)$$

O procedimento descrito é válido para todo o intervalo da amostra entre $dx = 0,25 \text{ m}$ e $dx = 0,61 \text{ m}$ (2,0ft). Para intervalos mais curtos da amostra, a etapa adicional da análise consiste em compensar o perfil com um valor médio que represente da

melhor maneira a vibração que o pneu de um veículo absorve do pavimento. O comprimento básico para o cálculo da média é 0,25 m ao longo do trecho. O IRI pode, então, ser calculado através de qualquer uma das duas maneiras a seguir:

- os pontos da elevação que se localizam dentro de cada dx do comprimento permitem o cálculo do valor médio para a obtenção de um ponto equivalente do perfil. O IRI é então calculado a partir das equações anteriores, baseadas em um intervalo de 0,25 m, usando os coeficientes para o mesmo intervalo;
- “uma média dinâmica” é obtida como a média de todos os pontos que se situam no ponto central de cada intervalo de 0,25 m do perfil. O IRI é calculado por meio da resolução das equações para cada ponto calculado da média usando coeficientes nas equações apropriadas para o menor intervalo.

1.1.9.2 Quociente de Irregularidade (QI)

A irregularidade de um pavimento é conceituada como o desvio da superfície da rodovia com relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via (DNER – PRO 182 /94).

A medida de irregularidade no Brasil é o Quociente de Irregularidade (QI). Porém, com a tendência atual de se utilizarem os valores de *International Roughness Index* (IRI), utilizam-se correlações para transformar IRI em QI, e a correlação utilizada neste trabalho é a proposta por Barella (2008), onde:

$$QI = 15,42 \times IRI - 10 \quad (26)$$

Uma consideração deve ser feita sobre o modelo utilizado: a conversão efetuada pelo modelo deve, em 95% das vezes, apresentar um valor que pode, na realidade, ser 20% maior ou menor, porém essa correlação se mostra melhor que aquelas

comumente utilizadas. O ideal é a utilização do valor do IRI sem a realização de conversões, como indica o próprio Barella (2008).

1.1.9.3 Índice de Condição dos Pavimentos

Neste trabalho foi abordado o cálculo do índice da condição do pavimento (PCI) com mais profundidade, pois é o método utilizado pelo modelo de Tavakoli. Este índice foi originado com o método desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers* (USACE) no ano de 1989, com o intuito de ser introduzido em sistemas de gerência de pavimentos nos Estados Unidos (SHAIN, 1994). Atualmente, o PCI é utilizado na maior parte dos estados americanos, no sistema Micro Paver do USACE e em alguns países no mundo, com o objetivo de avaliar as necessidades de manutenção em revestimentos.

O PCI propõe-se a determinar o estado atual de um pavimento em termos de sua classificação funcional e nível de serviço. Fornece, ainda, uma referência numérica para as quantidades, os tipos e as severidades dos defeitos identificados no pavimento inspecionado e, por sua vez, indica a condição do pavimento.

1.1.9.4 Determinação do PCI para Pavimentos Asfálticos

O índice de condição do pavimento é um índice numérico que varia de 0 e 100 e é utilizado para indicar a condição de um pavimento. Este índice foi desenvolvido pelo USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Norte Americano) e é baseado em um exame visual do pavimento, sendo que o valor numérico 100 representa um pavimento excelente. Para auxiliar no cálculo do PCI, foi montada uma planilha eletrônica em *software* tipo .xls para o cálculo de 78 seções, onde os dados coletados em campo de cada seção foram inseridos e, ao final, obteve-se o PCI da mesma.

O processo para aplicação do PCI envolve as etapas descritas a seguir:

- Divisão da seção total do pavimento em unidades de amostra - Para o levantamento das condições de superfície foi necessário designar as características de cada tipo de pavimento, dividindo-o em segmentos através das características definidas em termos de projeto, histórico de construção e manutenção, bem como levantamentos anteriores e condições gerais e de tráfego.

Baseado no número de unidades de amostra na seção total, um determinado número de unidades é selecionado para ser testado, o ideal é que todas as unidades de amostra sejam avaliadas, porém em muitas ocasiões a indisponibilidade de tempo, de recursos materiais, humanos ou financeiros inviabiliza o levantamento total. Para este caso, USACE (1989) sugere a utilização de um plano estatístico para seleção de um número mínimo de unidades de amostra para o levantamento, que é determinado pela equação 26, desde que as unidades não sejam inferiores a cinco. Neste caso, todas deverão ser avaliadas, o que não foi o caso neste trabalho.

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2} \quad (27)$$

onde:

N= numero total de amostras contidas no trecho;

e = erro admitido quando realizada a inspeção;

σ = desvio padrão.

- O tipo, a extensão e a severidade dos defeitos do pavimento em cada seção devem ser anotados em uma planilha em campo - Nesta etapa devem ser identificados os tipos de defeitos e o grau de severidade – baixo (B), médio (M) ou alto (A), de acordo com os apresentados no manual do USACE (1989). Neste trabalho foram testadas 78 seções, cada uma com diferentes valores de PCI.
- Inicialmente foram feitos testes com a severidade baixa, onde se obteve valores altos de PCI, indicando um pavimento com poucos defeitos, e com a severidade alta onde mostrou um pavimento muito deteriorado, porém se for verificar a avaliação de defeitos objetiva realizada em campo com estes valores de PCI não

coincidem, portanto considerou-se no cálculo do PCI de todas as seções todos os defeitos do pavimento com severidade média. Optou-se por desprezar os defeitos de severidade baixa porque se concluiu que são muito pequenos e, durante o levantamento feito pela equipe dentro de um automóvel, em uma velocidade média de 40 km/h, possivelmente não foram identificados. Como não era possível quantificar os defeitos com severidade alta, utilizaram-se só valores médios. Com os resultados foi possível comparar os resultados com os obtidos pelo HDM-4.

Em seguida, procurou-se quantificar os defeitos apresentando-os através da densidade da área afetada.

- A planilha eletrônica utilizada para o cálculo do PCI pode ser visualizada na Tabela 1.8.

Tabela 1.8 – Modelo de Planilha eletrônica para cálculo do PCI

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Couro de jacaré 2. Exudação 3. Fissuras em blocos 4. Elevações / recalques 5. Corrugação 6. Afundamento localizado 7. Fissuras de borda 8. Fissuras por reflexão de juntas 9. Desnível pavimento /acostamento 10. Fissura longitudinal e transversal 11. Remendos 12. Agregado polido 13. Painelas 14. Cruzamento ferroviário 15. Afundamento de trilha de roda 16. Escorregamento de massa 17. Fissuras devido ao escorregamento de massa 18. Inchamento 19. Desgaste				
Tipos de defeitos existentes: Quantidade e Severidade				
Tipo:	10	1	15	6
Quantidade e Severidade	3 m (M)	0,3 x 1,8 (M)	0,6 x 7,5 (M)	1,8 x 1,2 (M)
	1,5 m (M)	0,6 x 2,4 (M)		
	4,5 m (M)			
	1,5 m (M)			
	3 m(M)			
	1,5 (M)			
Total	Baixa			
	Média	15	1,98	4,5
	Alta			

Tabela 1.8 – Modelo de Planilha eletrônica para cálculo do PCI. (continuação).

Cálculo do PCI						
Código do Defeito	Tipo de Defeito	Severidade	Quantidade	Densidade	VD	q
1	Couro de jacaré	alta		0,00	0	0
		média	1,98	0,88	20,3	1
		baixa		0,00	0	0
2	Exudação	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
3	Fissuras em blocos	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
4	Elevações/ Recalques	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
5	Corrugação	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
6	Afundamento Localizado	alta		0,00	0	0
		média	2,16	0,96	8,8	1
		baixa		0,00	0	0
7	Fissuras de borda	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
8	Fissuras por reflexão de juntas	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
9	Desnível pavimento/ acostamento	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
10	Fissuras long. e transv.	alta		0,00	0	0
		média	15	6,67	25,33333333	1
		baixa		0,00	0	0
11	Remendos	alta		0,00	0	0
		média		0,00	0	0
		baixa		0,00	0	0
12	Agregado Polido	X		0	0	0

Tabela 1.8 – Modelo de Planilha eletrônica para cálculo do PCI. (continuação).

Cálculo do PCI						
Código do Defeito	Tipo de Defeito	Severidade	Quantidade	Densidade	VD	q
13	Painelas	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
14	Cruzamento ferroviário	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
15	Afundamento de trilha de roda	alta		0	0	0
		média	4,5	2	25	1
		baixa		0	0	0
16	Escorregamento de massa	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
17	Fissuras devido ao escorregamento de massa	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
18	Inchamento	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
19	Desgaste	alta		0	0	0
		média		0	0	0
		baixa		0	0	0
				TOTAL=	79,43333333	4
q=		4				
Valor de dedução total=		79,43333333				
Valor de dedução corrigido (CDV)=		44,245				
PCI=		55,755				
Classificação=		REGULAR				

A planilha eletrônica foi programada para funcionar da seguinte maneira:

- Após a seleção das unidades de amostra a serem levantadas, os tipos de defeitos e o grau de severidade – baixo (B), médio (M) ou alto (A) – são identificados de acordo com os apresentados no manual do USACE (1989).
- Em seguida, procurou-se quantificar os defeitos apresentando-os através da densidade da área afetada, como indica a Tabela 1.9.

Tabela 1.9 – Defeitos e formas de medição do pavimento asfáltico. Adaptado de Shain e Khon (1979).

Defeito	Forma de medir	Defeito	Forma de medir
1. Couro de jacaré	área	11. Remendos	área
2. Exsudação	área	12. Agregado polido	área
3. Fissuras em blocos	área	13. Painelas	unidade
4. Elevações / recalques	metro	14. Cruzamento ferroviário	área
5. Corrugação	área	15. Afundamento de trilha 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		
9. Desnível pavimento /acostamento	metro	18. Inchamento	área
10. Fissura longitudinal e transversal	metro	19. Desgaste	área

- Para cada defeito e seu respectivo grau de severidade associado àquela densidade existe um gráfico que mostra um número, denominado como valor deduzido para cada tipo de defeito. Como ilustração utilizou-se a Figura 1.7, que corresponde à fissura couro de jacaré. Após, é necessário realizar o somatório desses valores deduzidos para se obter o Valor Deduzido Total – VDT.

Figura 1.7 – Curvas do valor de dedução para o defeito couro de jacaré, adaptado de TM5-623, USACE, 1989.

- Posteriormente, ajustou-se, através de um gráfico específico, exemplificado na Figura 1.8, o VDT para um Valor Deduzido Corrigido – VDC, sempre que a quantidade de Valores Deduzidos for superior à classificação cinco.

Figura 1.8 – Correção do valor de dedução das curvas de pavimento asfáltico, adaptado de TM5-623, USACE, 1989.

- Após obter o VDC, obteve-se o valor do PCI através da equação (28):

$$PCI = 100 - VDC \quad (28)$$

em que:

PCI = índice de condição do pavimento;

VDC = valor deduzido corrigido.

Os valores do PCI variam de 0, para um pavimento em péssimas condições, a 100, para uma condição excelente do pavimento, conforme a Tabela 1.10.

Tabela 1.10 – Classificação do PCI.

PCI	Conceito
100-86	Excelente
85-71	Muito Bom
70-56	Bom
55 - 41	Regular
40-26	Ruim
25-11	Muito Ruim
10-0	Péssimo

Fonte: Adaptado de SHAHIN (2005).

O uso do PCI, segundo Shahin (2005), para pavimentos de aeroportos, rodovias e estacionamentos tem recebido grande aceitação por várias agências nos Estados Unidos, como a *Federal Aviation Administration* (FAA) e o Departamento de Defesa (*The United States Department of Defense*), dentre outras, que adotam sua metodologia. No Brasil é pouco utilizado, sendo a sua aplicação recomendada pelo DNIT apenas para pavimentos de concreto (DNIT, 062/2004-PRO)

2. ESTUDO DE CASO EM CIDADE DE PEQUENO A MÉDIO PORTE

A rede de vias urbanas é um dos principais elementos de um sistema de infraestrutura municipal, porém ainda é recente a preocupação dos administradores públicos com a implantação de procedimentos para um sistema de gerência viário. Em geral, a questão das vias públicas é abordada de forma secundária e segmentada pela administração municipal, fazendo com que o espaço da via pública seja visto como suporte para outras atividades urbanas.

Em grande parte das cidades brasileiras, especialmente nas de pequeno e médio porte, não é dada importância às etapas de planejamento, dimensionamento e construção das estruturas dos pavimentos, o que leva a que grande parte das vias apresente um precoce e elevado grau de deterioração, reduzindo a sua vida de serviço e aumentando os custos de manutenção e reabilitação. Para minimizar esses fatores negativos, podem ser utilizados programas de gerência de pavimentos; assim, aumentar-se-á a vida útil das vias urbanas, reduzindo custos operacionais dos veículos e garantindo a segurança dos usuários.

2.1 Contextualização do Problema

Para a realização desta dissertação foi parte de um banco de dados de um estudo realizado pela equipe do Laboratório de Mecânica de Pavimentos (LMP) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), em conjunto com a Prefeitura do Município de Suzano (PMS) e a Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (USP), intitulado “Estudo, Diagnóstico, Dimensionamento de Recursos e Priorização de Atividades de Recapeamento e de Implantação de Novos Pavimentos em Vias Urbanas e Rurais da Prefeitura do Município de Suzano Para Fins de Pleito de Financiamento de Recursos Junto a Órgãos Federais e Estaduais” (EPUSP, 2007).

O estudo realizado pela EPUSP e PMS ocorreu durante julho de 2007 a dezembro de 2007, e parte do banco de dados gerado foi gentilmente cedidos pela PMS e pelo LMP, no ano de 2010, quando se iniciou esta dissertação, permitindo assim o desenvolvimento da mesma, portanto a autora não foi a campo realizar coleta de dados, o trabalho está delimitado na organização do banco de dados, cálculo do PCI das seções, aplicação do Modelo de Tavakoli, aplicação do Modelo HDM-4 com os mesmos dados e comparação dos dois modelos.

No estudo que foi realizado pela EPUSP foi feito um levantamento técnico que permitiu ao município solicitar recursos em órgãos estaduais, federais e até mesmo em instituições internacionais. Através do mesmo, a Prefeitura reuniu informações para projetos de investimento e elaborou um cronograma mais preciso para manutenção, já que o estudo apontou o custo das intervenções e também definiu as vias que possuíam prioridade sobre as demais para receber os serviços.

O objetivo foi fazer um planejamento para uma recuperação adequada de todos os pavimentos, através dos seguintes tópicos:

- programação das necessidades de recapeamento;
- detecção das necessidades de reconstrução e execução de revestimentos asfálticos;
- definição das necessidades de pavimentação de vias urbanas não-pavimentadas;
- definição das necessidades de pavimentação de vias rurais;
- estabelecimento das alternativas de intervenções e obras tanto de recapeamento, reconstrução ou novas pavimentações;
- estabelecimento dos montantes orçamentários para um período de cinco anos, para a realização de obras e serviços de pavimentação, utilizando os preços unitários com base na Tabela de Preços da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). Foram estabelecidos os montantes anuais para cada tipo de serviço (recapeamento, reconstrução e novos pavimentos);
- estabelecimento de prioridades para planejamento de obras viárias;

- estabelecimento de critérios normativos para a execução de abertura e fechamento de valas.

E para o cumprimento desses objetivos o estudo foi dividido em quatro etapas:

- catalogação e levantamento minucioso das vias públicas no município;
- criação de um banco de dados;
- análises de serviços de melhoramentos e de intervenções;
- utilização do programa HDM-4 - para o lançamento dos dados coletados em campo e que atende aos critérios do Banco Mundial (Bird) para a liberação de recurso.

2.1.1 O Município de Suzano

Situado a leste de São Paulo, a 45 km da capital, Suzano é um dos 39 municípios que compõem a Região Metropolitana.

Apesar de jovem, Suzano obteve sua emancipação política há 56 anos, em 8 de dezembro de 1948. De acordo com a Prefeitura Municipal, a região já abriga 563 indústrias, 5.274 empresas, além de centros comerciais nos distritos de Boa Vista, Centro e Palmeiras, e figura entre as vinte cidades com melhor arrecadação de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) do Estado de São Paulo.

A cidade faz divisa com Itaquaquecetuba (a norte), Santo André (a sul), Mogi das Cruzes (a leste), Mauá e Ferraz de Vasconcelos (a oeste), Poá (a noroeste), além de Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires (a sudoeste), como indica a Figura 2.1, e é banhada pela bacia hidrográfica do Alto Tietê – Cabeceiras, subdividida pelas bacias do Taiaçupeba, do Guaió e do Tietê Leste.

Fonte: <http://maps.google.com.br/maps>

Figura 2.1- Localização do Município de Suzano.

O acesso às rodovias Ayrton Senna da Silva, Índio Tibiriçá (SP 31) e Henrique Eroles (SP 66) coloca Suzano em condição privilegiada pela proximidade com os portos de Santos e São Sebastião, aeroportos de Congonhas e Cumbica, além de cidades e regiões economicamente fortes, como o Vale do Paraíba, Grande ABC, Capital e Guarulhos. As duas ferrovias (uma de transporte de passageiros e outra de cargas) contribuem para reforçar o papel economicamente importante que Suzano vem desempenhando para o desenvolvimento da região do Alto Tietê.

Com extensão territorial de 205 quilômetros quadrados e uma população estimada em 270.566 habitantes, conforme dados da Prefeitura Municipal (2007), o município abriga empresas de grande porte reconhecidas nos mercados internacional e nacional.

2.1.2 A malha viária pavimentada de Suzano

Em janeiro de 2005 a Prefeitura Municipal de Suzano (PMS) constatou que apenas 35% de vias do município estavam pavimentadas. No final de 2006 foi realizado um levantamento preliminar pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras, que apontou 40% das vias pavimentadas.

Com base no banco de dados criado e detalhado pelo “Estudo, Diagnóstico, Dimensionamento de Recursos e Priorização de Atividades de Recapeamento e de Implantação de Novos Pavimentos em Vias Urbanas e Rurais da Prefeitura do Município de Suzano Para Fins de Pleito de Financiamento de Recursos Junto a Órgãos Federais e Estaduais” (EPUSP, 2007), foi elaborado um diagnóstico das condições do sistema viário em Suzano durante o segundo semestre de 2007, que mostrou que o município de Suzano possui 1.634 logradouros, dos quais 665 são asfaltados e 229 pavimentados em paralelepípedos, em toda a sua extensão.

2.1.3 Desenvolvimento de um banco de dados para o sistema viário

Os trabalhos iniciais do estudo realizado no município de Suzano consistiram na coleta de informações nos mapas disponíveis, de onde se obtiveram o nome, extensão e largura das vias, criando-se, assim, um banco de dados, que se encontra em anexo nesta pesquisa. Essas atividades foram essenciais para a criação de listagens de vias, por setor e por bairros, para orientação das equipes de campo na realização de cadastramentos visuais, bem como para o levantamento de irregularidades em pavimentos asfálticos, com emprego do perfilômetro a *laser*.

Esse levantamento, associado ao cadastramento de defeitos, além de permitir o emprego do programa HDM-4 para a análise de prioridades de recapeamentos e programação dos serviços, permitiu a apresentação de um diagnóstico consistente sobre a qualidade dos pavimentos da cidade.

Para a realização desta pesquisa optou-se por utilizar apenas uma parte do banco de dados do município, pois este é muito extenso, e para tornar possível um comparativo entre os resultados obtidos com modelo de Tavakoli e o HDM-4 utilizou-se apenas a zona central da cidade, que é a Zona A, a qual possui uma extensão de 43,13 km e foi dividida em 78 seções.

Em resumo da média dos tipos e quantidades de defeitos das vias, a Zona A apresentou:

- 21% de área de afundamento;
- 27% de área fissurada;
- 8 buracos/km;
- 37 remendos/km.

A média do Índice de Irregularidade medido nas vias da Zona A foi:

- 1,85% confortável;
- 51,24% satisfatório;
- 40,81% insatisfatório;
- 5,17% deteriorado;
- 0,93% muito deteriorado

2.1.3.1 Mapas de referência

Com base no Mapa de Zoneamento do município, apresentado na Figura 2.2, o estudo feito pelo LMP – EPUSP determinou a área aproximada do município de Suzano e de suas zonas diretoras. Na Tabela 2.1 são apresentadas as áreas retificadas conforme a área total aproximada declarada oficialmente pela PMS, apenas da zona A, que foi utilizada neste trabalho.

Fonte: EPUSP(2007).

Figura 2.2 – Divisão territorial por zonas do Município de Suzano.

Tabela 2.1 - Áreas de zonas do plano diretor do Município de Suzano

Zona	Área estimada geometricamente (km ²)	%	Área retificada (km ²)
A	2,18	1,14%	2,34

Fonte: EPUSP (2007).

Utilizou-se nos levantamentos em campo um mapa fornecido pela PMS em plataforma de *Computer Aided Design* (CAD) para a determinação de larguras de vias, que foi realizado com o assessoramento dos levantamentos em campo, pois as larguras na plataforma CAD, conforme informações fornecidas pela PMS, são de testada a testada. Assim, foi necessária a redução da largura pela subtração das larguras dos calçamentos e canteiros centrais existentes em avenidas, o que foi avaliado em campo.

2.1.3.2 Avaliações de campo

Inicialmente, foi realizado um cadastramento das vias pavimentadas, que foram divididas em seções pelo nome da via; porém, quando houve alterações das condições dos pavimentos, esta via foi dividida em duas seções. Na avaliação das seções em campo foram levantados os seguintes aspectos:

- nome do logradouro;
- tipo de revestimento dos pavimentos existentes;
 - asfalto
 - paralelepípedo
 - concreto
 - blocos
 - terra
- número de pistas de rolamento;
 - simples
 - dupla
- mão de direção
 - única
 - mão dupla
- sentido do percurso dado pela numeração;
 - crescente

- decrescente
- número de faixas de rolamento por pista;
 - 1 a 5
- característica de uso de solo na via;
 - residencial
 - comercial
 - serviços
 - industrial
- existência de sarjetas e guias em caso de trechos em terra, incluindo o registro fotográfico;
- determinação estimativa de volumes de veículos por técnicas de amostragem em movimento;
 - volume de caminhões: quando a via é pouco movimentada e não há a ocorrência de caminhões durante o levantamento, consideram-se quatro veículos por semana para contemplar a coleta de lixo e outros eventuais.
 - volume de veículos
- ocorrências de fissuras em revestimentos asfálticos;
 - 0%-não ocorre
 - 5%- esporádico
 - 10%-pouco freqüente
 - 25%- com freqüência
 - >50%- muito freqüentemente
- ocorrências de afundamentos em revestimentos asfálticos;
 - 0%-não ocorre
 - 5%- esporádico
 - 10%-pouco freqüente
 - 25%- com freqüência
 - >50%- muito freqüentemente
- números de buracos e remendos em revestimentos asfálticos por quilômetro;
- avaliações do conforto de rolamento presente;

- 4-5 excelente
- 3-4 bom
- 2-3 regular
- 1-2 ruim
- 0-1 péssimo
- velocidade regulamentada na via;
- tempo de percurso;
- distância total percorrida;
- existência de calçamento não revestido;
- relevo local
 - plano
 - ondulado
 - muito ondulado
- inclinação da via;
 - até 1%
 - 2 a 4%
 - 4 a 8%
 - >8%
- estimativa de largura de calçamentos.

Este trabalho foi realizado por uma equipe de cadastramento, que percorria cada uma das vias em sua extensão completa, fazendo todos os registros necessários; utilizava, para tanto, os instrumentos de registro adequados, bem como uma planilha de levantamento de dados.

2.1.3.3 Coleta de dados do município

Entre os dados e informações recolhidos durante o percurso das vias pela equipe técnica do LMP-EPUSP, muitos se referiam às condições dos pavimentos.

Essas condições são retratadas no levantamento pela planilha de levantamento mostrada pelas Figuras 2.3 e 2.4, por um levantamento contendo informações gerais da via, volume de caminhões e automóveis, caracterização do uso da via, avaliação da serventia atual dos pavimentos (VSA) e contagens de defeitos, como fissuras, afundamentos, buracos e remendos. Todos esses defeitos interferem nas condições das vias no que tange ao conforto e à segurança de rolamento, inclusive quanto a aspectos estéticos.

PREFEITURA DE SUZANO
 Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão
 Convênio FUSP – Laboratório de Mecânica de Pavimentos - EPUSP
 Planilha para Cadastramento Básico de Vias Existentes

Nome do logradouro e Código do Logradouro:

--	--

INFORMAÇÕES GERAIS

Revestimento	ASFALTO	PARALELO	CONCRETO	BLOCOS	TERRA
Pista	Simples	Dupla	Mão de direção	Única	Mão dupla
Percurso	Crescente	Decrescente			
Faixas por pista	1	2	3	4	5
Característica	Residencial	Comercial	Serviços	Industrial	Lazer/ambient
Vias de TERRA	Com Guias e sarjetas	Sem Guias e sem sarjetas	Com guias	FOTO	
Volume de veículos	Se pista dupla, medir lado oposto; se de mão dupla medir sentido oposto; se mão única, parada 1 minuto ao final				
Volume de caminhões		Volume de automóveis		Estácio. Esq?	Estácio. Dir.?

EM CASO DE ALTERAÇÃO DE CONDIÇÕES

Ref:

Pista	Simples	Dupla	Mão de direção	Única	Mão dupla
Percurso	Crescente	Decrescente			
Faixas por pista	1	2	3	4	5
Característica	Residencial	Comercial	Serviços	Industrial	Lazer/ambient
Vias de TERRA	Com Guias e sarjetas	Sem Guias e sem sarjetas	Com guias	FOTO	
Volume de veículos	Se pista dupla, medir lado oposto; se de mão dupla medir sentido oposto; se mão única, parada 1 minuto ao final				
Volume de caminhões		Volume de automóveis		Estácio. Esq?	Estácio. Dir.?

Fonte: EPUSP (2007).

Figura 2.3 – Planilha de levantamento de informações gerais das vias

AVALIAÇÃO DE DEFEITOS (OBJETIVA)					
DEFEITOS	Nível de defeitos observados em pista (julgamento quantitativo)				
	Não ocorrem	Esporádico	Pouco freqüente	Com freqüência	Muito freqüentemente
Área com Fissuras classe	0%	5%	10%	25%	>50%
Área com Afundamentos e ondulações	0%	5%	10%	25%	>50%
No. total de buracos					
No. total de remendos					
Inconsistência de informação ☐	Observações pertinentes:				
Revestimento novo ou recente ☐					
Data do Levantamento					
AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES (SUBJETIVAS E OBJETIVAS)					
Conforto	EXCELEN 4 - 5	BOM 3 - 4	REGULAR 2 - 3	RUIM 1 - 2	PÉSSIMO 0 - 1
Notas	Ava 1:	Ava 2:	Ava 3:		
Velocidade na via					
Tempo de Percorso			horário		
Odômetro do veículo	Início		Final		No. FINAL
Calçamento	Em terra	revestido			
Relevo	Plano	ondulado	Muito ondulado		
Inclinação da Via	Até 1%	2 a 4%	4 a 8%	>8%	
Largura de calçamentos	esquerda		direita		canteiro

Fonte: EPUSP (2007).

Figura 2.4 – Planilha de levantamento de defeitos e condições das vias.

A Tabela 2.2 apresenta um resumo da Zona A do Município de Suzano dos tipos e quantidades de defeitos observados no sistema viário pavimentado com revestimentos asfálticos.

Tabela 2.2 – Média de tipos e quantidades de defeitos da Zona A.

Resumo de Caracterização das Vias Asfaltadas					
Zona	Extensão (km)	% Área de Afundamentos	% Área Fissuradas	nº de Buracos/km	nº de Remendos/km
A	43,130	21%	27%	8	37

Fonte: EPUSP (2007).

Também foi realizada a determinação do Índice Internacional de Irregularidade (IRI), exigido para o emprego do programa HDM-4 do Banco Mundial, para cada uma das vias com revestimento asfáltico existente, para finalidades de caracterização de custos operacionais de usuários e de condição de rolamento. Esse levantamento foi realizado com um perfilômetro a laser. Os valores limiares para as condições foram: excelente para IRI menor que 2 m/km; confortável para IRI igual ou superior a 2 m/km e

inferior a 4 m/km; satisfatório se menor que 6 m/km; insatisfatório entre 6 e 10 m/km; deteriorado entre 10 e 12 m/km e muito deteriorado se IRI superior a 12 m/km. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Média do Índice de Irregularidade dos Pavimentos da Zona A.

Índice de Irregularidade dos Pavimentos em Asfalto - IRI							
Zona	Excelente	Confortável	Satisfatório	Insatisfatório	Deteriorado	Muito Deteriorado	Total
A	0.00%	1.85%	51.24%	40.81%	5.17%	0.93%	100.00%

Fonte: EPUSP (2007).

Os levantamentos permitiram a definição dos seguintes parâmetros: distâncias percorridas, IRI e QI (quociente de irregularidade). Esse levantamento, associado aos cadastramentos de defeitos, além de permitir o emprego do programa HDM-4 para a análise de prioridades de recapeamentos e programação dos serviços, permitiu a apresentação de um diagnóstico consistente sobre a qualidade de rolamento presente nos pavimentos asfálticos na cidade.

O cadastramento em campo permitiu a determinação da contagem de veículo em movimento, para que se obtivesse uma estimativa do número de veículos de passeio e de caminhões. Porém, esse procedimento não foi empregado para contar os ônibus, pois a PMS possuía os itinerários e frequências de todos os ônibus municipais e intermunicipais que se serviam o sistema viário do município.

A determinação de caminhões em vias que não receberam anotação de contagem durante o percurso da via limitou-se ao dado básico de quatro veículos por semana, para contemplar coleta de lixo e outros eventuais. O número de veículos de passeio foi fixado no mínimo de cinquenta unidades diárias para as ruas de tráfego leve.

Muitos dos dados necessários sobre volumes de ônibus em vias da cidade foram determinados com base nas informações recebidas da própria PMS. Com base nas linhas de ônibus municipais e intermunicipais e com suas frequências, foi possível determinar o VDM exclusivamente de ônibus para cada linha.

2.1.3.4 Estrutura final do banco de dados

Um dos objetivos do estudo realizado pelo LMP – EPUSP foi a montagem de um banco de dados informatizado, flexível, em linguagem de tecnologia de informática universal, que permitisse a futura inserção de novos dados, bem como ser de fácil manuseio pela administração pública.

A estrutura do banco de dados montada em planilha eletrônica (Excel) é apresentada na Tabela 2.4, na sequência, descrevendo seus códigos, parâmetros e definições, para que os futuros usuários não tenham dúvidas quanto à sua interpretação.

Tabela 2.4 - Estrutura do banco de dados de vias pavimentadas por seção.

Número da Coluna	Denominação	Significado
1	Zonas	Divisão das 14 zonas em Suzano
2	Código	Código adotado para o logradouro
3	Zona	Zona em que se encontra o logradouro
4	Nome do Bairro	Bairro em que se encontra o logradouro
5	Tipo de Via	Rua, travessa, avenida, alameda, viela ou estrada
6	Nome da Rua	Denominação do logradouro
7	CEP da Rua	Código de Endereçamento Postal
8	Largura	Largura de testada a testada por meio do mapa oficial em AutoCad
9	Comprimento	Comprimento da rua por meio do mapa oficial em AutoCad
10	Qtde. de Quadras	Número de quadras no logradouro
11	Revestimento	Tipo do Revestimento
12	Revestimento	1º tipo de revestimento em Código
13	Mudança de Revestimento	2º tipo de revestimento
14	Distância da Mudança	Extensão do 1º Revestimento até alteração
15	Pista	Simplex ou Dupla
16	Mão de Direção	Mão Única ou Mão Dupla
17	Percurso	Números das casas - crescente ou decrescente
18	Faixas por Pista	Quantidade estimada de faixas na via
19	Característica	Comercial, Residencial, Serviços, Industrial, Lazer, Ambiental
20	Vias de Terra	Presença ou não de guias e sarjetas
21	Volume de Caminhões	Número de caminhões durante a avaliação
22	Volume de Automóveis	Número de Automóveis durante a avaliação
23	Estacionamento Esquerdo	É permitido estacionar à esquerda?
24	Estacionamento Direito	É permitido estacionar à direita?

Tabela 2.4 - Estrutura do banco de dados de vias pavimentadas por seção (continuação).

Número da Coluna	Denominação	Significado
26	Área com Fissuras Classe 3 (%)	% de fissuras encontradas no pavimento (5, 10, 25, 50%)
27	Área com Afundamentos e Ondulações (%)	% de afundamentos e ondulações encontradas no pavimento (5, 10, 25, 50%)
28	Número Total de Buracos	Quantidade de buracos encontrados
29	Número Total de Remendos	Quantidade de remendos encontrados
30	Revestimento Novo ou Recente	Se foi pavimentada recentemente
31	Data do Levantamento	Dia da avaliação no pavimento
32	IRI Médio	Índice de Irregularidade Internacional na Via medido por perfilômetro inercial
33	Conforto – Avaliador 1	Índice de Serventia – nota dada para o pavimento pelo avaliador 1.
34	Conforto – Avaliador 2	Índice de Serventia – nota dada para o pavimento pelo avaliador 2.
35	Conforto – Avaliador 3	Índice de Serventia – nota dada para o pavimento pelo avaliador 3.
36	Velocidade da Via	Velocidade permitida na via (regulamentada)
37	Tempo de Percurso - segundos	Tempo para a execução da avaliação na via em segundos
38	Tempo de Percurso - horas	Tempo para a execução da avaliação na via em horas
39	Horário – a hora	O horário da realização da avaliação
40	Horário – o minuto	O horário da realização da avaliação
41	Odômetro do Veículo	Extensão da via percorrida
42	Número Final	Número da ultima casa na via
43	Calçamento	Tipo de revestimento no calçamento
44	Relevo	Tipo de relevo (plano, ondulado e muito ondulado)
45	Inclinação	Inclinação da via (de 1% a mais de 8%)
46	Largura de Calçamento - Esquerdo	Largura do calçamento esquerdo
47	Largura de Calçamento - Direito	Largura do calçamento direito
48	Largura de Calçamento - Canteiro	Largura do canteiro central
49	Tipo de Via	Tipo da via (arterial, coletora ou expressa)
50	Revestimento 1	1º revestimento encontrado e avaliado
51	Revestimento 2	2º revestimento encontrado e avaliado
52	Extensão Percorrida – Asfalto (m)	Extensão da via em asfalto (m)
53	Extensão Percorrida – Asfalto (km)	Extensão da via em asfalto (km)
54	Extensão Percorrida – Paralelepípedo (m)	Extensão da via em Paralelepípedo (m)

Fonte: EPUSP (2007).

Tabela 2.4 - Estrutura do Banco de Dados de Vias Pavimentadas (continuação)

Número da Coluna	Denominação	Significado
55	Extensão Percorrida – Paralelepípedo (km)	Extensão da via em Paralelepípedo (km)
56	Extensão Percorrida – Total (m)	Extensão total da via
57	Largura da Via (m)	Largura da rua pavimentada
58	Serventia - VSA	Índice de Serventia – média das notas de avaliação.
59	Número de Buracos por km	
60	Número de Remendos por km	
61	% de Área com Afundamentos e Ondulações por Zona	
62	% de Área com Fissuras por Zona	
63	VDM – Passeio	Volume Diário Médio de Automóveis
64	VDM – Ônibus	Volume Diário Médio de Ônibus
65	VDM - Caminhões	Volume Diário Médio de Caminhões
66	VDM - Total	Soma dos VDM's anteriores
67	VDM – % Passeio	% de veículos de passeio no VDM total
68	VDM – % Ônibus	% de ônibus no VDM total
69	VDM - % Caminhões	% de caminhões no VDM total
70	VDM - % Total	100% (somatório)
71	% de Área Asfaltada na Rua	
72	% de Área em Paralelepípedo na Rua	

Fonte: EPUSP (2007).

2.2 Aplicação do HDM-4 para análises de estratégias de manutenção

O estudo foi realizado no módulo de Análise de Estratégias do programa HDM-4. Neste módulo, a priorização indicada na saída do programa no relatório é apresentada da mais prioritária para a menos prioritária em termos de relação benefício/custo. Considerou-se também que as alternativas de pavimentação e de restauração disponíveis, antes de aplicadas, passaram por uma avaliação de capacidade estrutural de subleitos ou pavimentos existentes.

Para esta pesquisa acadêmica foi novamente simulado o programa HDM-4 para as 78 seções que foram estudadas. Foi definido parâmetros para a simulação do

programa HDM-4 através do Modelo de Tavakoli, e estes foram abordados no item 3.2 deste trabalho.

Dos resultados obtidos pelo programa HDM-4, como citado anteriormente, optou-se por utilizar para esta pesquisa apenas a área central da cidade, que é a Zona A, em virtude da grande extensão do banco de dados, tornando possível, assim, fazer um comparativo entre o modelo simplificado de priorização desenvolvido por Tavakoli (1992) e os resultados obtidos com o programa HDM-4.

Os dados levantados em campo foram organizados da seguinte maneira:

- informações gerais: código fornecido pela PMS, zona da cidade, nome do bairro, nome da rua, medidas (largura e comprimento em metros), tipo de revestimento, número de faixas por pista e VDM;
- avaliação de defeitos (objetiva): área com fissuras de classe (%), área com afundamentos e ondulações (%), número total de buracos e número total de remendos.
- irregularidade: IRI médio;

Os dados coletados das vias analisadas encontram-se no Anexo A.

Realizado o levantamento dos dados necessários, esses foram processados no programa HDM-4.

2.3 Composição de um banco de dados aplicando o Modelo de Tavakoli

A montagem de um novo banco de dados foi baseada no modelo de Tavakoli (1992), cuja estrutura consiste em planilhas eletrônicas no programa Excel, onde foram divididos em módulos, sendo estes:

- 1) Inventário dos pavimentos – No inventário dos pavimentos estruturaram-se todos os dados coletados em campo, como mostra a Figura 2.5.

Figura 2.5 – Estrutura do módulo de Inventário do Modelo de Tavakoli.

As subseções do inventário foram definidas como:

- Identificação da seção - onde cada seção foi nomeada e numerada.
- Tipo de via - as vias foram classificadas em:
 - a. Arteriais - sendo as grandes avenidas, podendo ter várias pistas; estas vias normalmente ligam os bairros ao centro, por exemplo;
 - b. Coletoras - são as vias um pouco menores, que normalmente dão acesso às arteriais;
 - c. Locais - são as vias menores, que normalmente são acessadas através das coletoras, por exemplo, uma rua de 100 m ou sem saída.
- Área da seção.
- Neste módulo também foi preenchido o IRI médio de cada seção e o PCI, calculado pelo método do USACE (1989). Para este trabalho foi testada uma planilha com 78 seções. Como para o cálculo do PCI não se tinha disponível a severidade dos defeitos levantados em campo, optou-se por considerar os defeitos dos pavimentos com severidade média.

- Levantamento de defeitos – é a porcentagem da área de fissuras e de afundamentos e o número de buracos e de remendos de cada seção levantado em campo.
 - Fluxo de tráfego – é o Volume Diário Médio de tráfego (VDM) que foi levantado em campo e o uso predominante da via, que pode ser residencial, comercial ou de serviços, ou uma combinação de ambos.
- 2) Manutenção e reabilitação dos pavimentos – Neste módulo foi selecionada uma estratégia de manutenção e reabilitação dos pavimentos através do PCI anteriormente calculado e do IRI levantado em campo. Com o valor do IRI de cada seção foi possível calcular o QI, através da correlação proposta por Barella (2008), e com o QI foi possível chegar a um valor de PSI (DNIT, 2006), através das equações:

$$QI = 15,42 \times IRI - 10 \quad (29)$$

$$PSI = 4,66 \times e^{-0,00534 \times QI} \quad (30)$$

Onde:

QI – Quociente e irregularidade;

PSI – *Present Serviceability Index*;

IRI – Índice Internacional de irregularidade.

Ressalta-se que o PSI é extremamente necessário para a seleção das estratégias de manutenção mais severas e para a reabilitação dos pavimentos. As estratégias de manutenção e reabilitação dos pavimentos são seis e estão classificadas de acordo com a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Estratégias de manutenção/reabilitação dos pavimentos.

Estratégia de manutenção/reabilitação	
1A	Não fazer nada
A	Manutenção de rotina
B	Manutenção preventiva
C	Ação Emergencial
D	Reabilitação
E	Reconstrução

Cada estratégia corresponde as intervenções propostas para cada seção de pavimento, sendo essas intervenções para pavimentos asfálticos indicadas na Tabela 2.6.

Tabela 2.6– Intervenções nos pavimentos asfálticos, segundo a estratégia escolhida.

Estratégia		Intervenções
1A	Não fazer nada	Nenhuma
A	Manutenção de rotina	Tapa-Buracos
B	Manutenção preventiva	Tapa-Buracos Microrevestimento
C	Ação Emergencial	Remendos Grandes, Tapa - buracos , afundamento de trilha de roda
D	Reabilitação	Fresagem de 4 cm da superfície, e Recobrimento de 4 cm da superfície com CAUQ.

Remoção e substituição de toda estrutura do pavimento por:

E	Reconstrução	4 cm	CAUQ
		23 cm	BGS
		21 cm	SOLO SELECIONADO
			CBR=4%

Com o valor do PCI e do PSI de cada seção foi possível propor um tipo de intervenção. A Tabela 2.7 mostra como cada estratégia de manutenção ou reabilitação foi selecionada.

Tabela 2.7– Estratégias de manutenção em função do PCI e do PSI.

PCI %	Considerações	Opções
96-100	Nenhum defeito	1A
76-95	Nada	A
61-75	Valor normal/pequenos defeitos na superfície	A
	Preponderância de defeitos superficiais	B
51-60	Preponderância de defeitos superficiais	B
	Defeitos uniformemente distribuídos	C
	Preponderância de defeitos estruturais ou muita irregularidade (PSI < 2.0)	D
41-50	Relativamente suave (PSI ≥ 2.5)	C
	Irregular (PSI < 2.5)	D
26-40	Suave a Irregular (PSI ≥ 2.0)	D
	Muito Irregular (PSI < 2.0)	E
0-25	Nada	E

A Figura 2.6 resume como funciona este módulo e como o PCI e o PSI influenciam diretamente na escolha da estratégia de manutenção e reabilitação da seção do pavimento.

Figura 2.6 – Estratégia de manutenção e reabilitação.

- 3) Composição de custos para cada estratégia – A composição de custos para pavimentos asfálticos foi montada a partir da tabela de preços da Secretaria dos Transportes do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, datada em 31/12/2010. Desse modo, foi possível montar uma tabela com estimativas de custos unitários para cada estratégia, visualizada a seguir.

Tabela 2.8 – Estimativa de custos para manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos.

Subitem	Nome	Unidade	Preço Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$/m2)
TAPA BURACOS - MANUTENÇÃO DE ROTINA - A					
37.03.03	REPARO DE PAV.-TAPA BURACO	m³	677,43	0,05	33,87
TOTAL DE MAUTENÇÃO DE ROTINA –A - (R\$/m2)					33,87
MICROREVESTIMENTO - MANUTENÇÃO PREVENTIVA - B					
23.06.04	MICROPAVIMENTO C/POLIMERO COM FIBRA	m²	9,66	1	9,66
TOTAL MANUTENÇÃO PREVENTIVA -B- (R\$/m2)					9,66
AÇÃO EMERGENCIAL - C					
21.05.07	DEMOLICAO PAVIMENTOFLEXIVEL C/TRANSPORT	m³	24,09	0,19	4,5771
23.02.01	MELH/PREPARO SUB-LEITO - 100% EN	m²	0,93	1	0,93
23.04.03.01	SUB-BASE OU BASE BRITA GRAD. SIMPLES	m³	152,72	0,15	22,908
23.08.02	CONC.ASF.US.QUENTE - BINDER GRAD.B C/DOP	m³	520,24	0,04	20,8096
23.05.01	IMPRIMADURA BETUMINOSA IMPERMEABILIZANTE	m²	3,23	1	3,23
TOTAL DE AÇÃO EMERGENCIAL- C- (R\$/m2)					52,45
FRESAGEM 4cm + CAUQ 4cm - REABILITAÇÃO - D					
23.10.01	FRESAGEM CONTINUA DE PAV., INDEPENDENTE DA ESPESSURA	m³	120,85	0,04	4,834
23.05.02	IMPRIMADURA BETUMINOSA LIGANTE	m²	1,24	1	1,24
23.08.03.03	CAMADA ROLAMENTO - CBUQ - GRAD.C - COM DOP	m³	566,69	0,04	22,6676
TOTAL DE REABILITAÇÃO-D- (R\$/m2)					28,74
RECONSTRUÇÃO - E					
21.05.07	DEMOLICAO PAVIMENTOFLEXIVEL C/TRANSPORT	m³	24,09	0,48	11,5632
22.03.04	TRANSPORTE DE 1/2 CATEGORIA ATE 10 KM	m³xkm	1,30	0,48	0,624
22.02.09	ESPALHAMENTO/REGULARIZACAO/COMPACTACAO DE MATERIAL EM BOTA-FORA.	m³	1,90	0,48	0,912

Tabela 2.8 – Estimativa de custos para manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos.
(continuação).

Subitem	Nome	Unidade	Preço Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$/m2)
23.03.01	REFORÇO SUB-LEITO ESCAV. SOLO ESCOLHIDO	m³	4,03	0,21	0,8463
23.03.03	REFORÇO DE SUB-LEITO COMPACTACAO 100% EI	m³	4,24	0,21	0,8904
23.03.02.04	REFORÇO DE SUB-LEITO - TRANSPORTE ATE 10 KM	m³xkm	1,63	0,21	0,3423
23.04.03.01	SUB-BASE OU BASE BRITA GRAD. SIMPLES	m³	152,72	0,23	35,1256
23.05.01	IMPRIMADURA BETUMINOSA IMPERMEABILIZANTE	m²	3,23	1	3,23
23.08.03.03	CAMADA ROLAMENTO - CBUQ - GRAD.C - COM DOP	m³	566,69	0,04	22,6676
TOTAL DE RECONSTRUÇÃO –E- (R\$/m2)					76,20

Ressalta-se que para a proposta da estratégia de reconstrução dos pavimentos asfálticos foi utilizada uma estrutura de solo com CBR = 4%, 21 cm de solo selecionado, 23 cm de brita graduada simples e 4 cm de concreto asfáltico usinado a quente, como indicado pela Figura 2.7

Figura 2.7 – Estrutura de reconstrução do pavimento asfáltico.

- 4) Custo total de cada seção - O custo de cada seção foi calculado conforme a sua estratégia de manutenção ou reabilitação:
- 1A – Não fazer nada: não teve nenhum custo;
 - A – Manutenção de rotina: calculou-se o valor do tapa-buracos da seção;
 - B – Manutenção preventiva: calculou-se o valor do tapa-buracos mais microrevestimento da seção;
 - C – Ação Emergencial: calculou-se o valor do tapa-buracos, dos remendos e dos, afundamento de trilha de roda da seção, quando houvesse estes defeitos;
 - D – Reabilitação: calculou-se o valor da fresagem de 4 cm da superfície do pavimento e mais o recobrimento com 4 cm de CBUQ. Neste item não se

calculou o tapa-buracos, pois se supôs que os 4 cm de fresagem já nivelem a pista;

E – Reconstrução: calculou-se o valor de demolição e reconstrução de um pavimento novo com um CBR de 4%; acima, uma camada de 21 cm de solo selecionado; após, uma camada de 23 cm de BGS e, na superfície, 4 cm de CAUQ.

- 5) Índice de prioridades – Para o cálculo do índice de prioridades de uma seção foram necessários alguns parâmetros do inventário, como o VDM, o tipo de via, o uso predominante da via, a estratégia de M&R e o PCI, como indica a Figura 2.8:

Figura 2.8 – Esquema de requisitos para cálculo do índice de prioridades.

Para calcular o índice de prioridades foi utilizada a fórmula de Tavakoli (1992):

$$PI = \frac{1}{PCI} x TF x FC x TR x MF \quad (31)$$

Onde:

PI- Índice de prioridade;

PCI – Índice de condição do pavimento;

TF – Fator de tráfego;

FC – Classificação funcional da via;

TR – Fator de trânsito;

MF – Fator de manutenção.

De acordo com Tavakoli (1992), cada fator corresponde a um valor numérico, que pode ser visualizado na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Valores Numéricos para os fatores do cálculo do Índice de Prioridade.

Fator	Dados
PCI	PCI = 100-total de pontos de defeitos
	Tráfego Diário Médio (TDM)
	TDM = 0-99 TF= 10;
	TDM =100-499 TF= 20;
TF	TDM =500-999 TF= 30;
	TDM =1000-1999 TF= 40;
	TDM =2000-4999 TF= 50;
	TDM ≥ 5000 TF= 100;
FC	Arterial = 1,2
	Coletora =1,1
	Local = 1,0
TR	Residencial = 1,0
	Lazer =1,0
	Comercial =1,1
	Serviços= 1,1
MF	$MF = \frac{1 + \text{índice de manutenção}}{10}$
	1A=0
	A=1
	B=2
Índice de Manutenção	C=3
	D=4
	E=5

Observa-se que na fórmula original de Tavakoli (1992) no fator de trânsito são utilizados 1,1 para vias com escola e 1,0 para outras vias, pois em países desenvolvidos há uma valorização maior para a conservação das vias que passam em frente às instituições de ensino, ao passo que no Brasil a prioridade é fazer a conservação de vias onde há grandes centros comerciais e de serviços. Portanto, os

fatores da fórmula original de Tavakoli (1992) não foram utilizados, optando-se por utilizar o fator 1,0 para vias residenciais e de lazer e 1,1 para vias onde há comércio e serviços.

De acordo com Tavakoli (1992), o índice de manutenção varia de 0 a 5, com zero não representando nenhum custo e 5, um custo elevado de manutenção.

- 6) Priorização de seções específicas – Após o cálculo do índice de prioridades de cada uma das seções, podem ser anuladas as prioridades de algumas seções para dar lugar a alguma que tenha importância política ou de outro tipo. Porém, para este trabalho foi não utilizado este módulo, por não existirem prioridades políticas ou de outra natureza.
- 7) Relatório do índice de prioridades decrescente - O relatório de dados é um resumo dos dados dos pavimentos por seção. A Figura 2.9 exemplifica como foi montado, e neste são mostrados o número da seção, o nome da via, a classificação (coletora, arterial ou local), comprimento da via em metros, o PCI, o IRI, o VDM, o tipo de pavimento a estratégia de manutenção e reabilitação, o índice de prioridade e o custo total de cada seção.

Figura 2.9 – Estrutura do Relatório do Modelo de Tavakoli.

3. APLICAÇÃO DOS MODELOS DE PRIORIZAÇÃO

3.1 Aplicação do Modelo de Tavakoli

O modelo de Tavakoli foi empregado em planilhas eletrônicas formuladas para receber os dados coletados em campo. Esses dados foram coletados na zona central do município de Suzano no ano de 2007. A exposição dos resultados e das análises dessas planilhas foi feita em tabelas e é apresentada na sequência.

3.1.1 Características dos Pavimentos Avaliados

Na Tabela 3.1 são apresentadas as características dos pavimentos avaliados e empregados para a elaboração dessa análise. Dentre tais características estão suas dimensões e suas condições de rolamento, de interesse para este trabalho, avaliadas no ano de 2007.

Tabela 3.1– Características dos pavimentos avaliados.

Tabela 01 - Características dos pavimentos analisados											
Seção	Nome		Tipo de Via	Pistas	Faixas	Larg. (m)	Comp. (m)	Área	(m²)	IRI	PCI
1	Rua	15 de novembro	Local	1	4	15,44	423,29	6535,60	3,99	40,58	
2	Rua	27 de Outubro	Coletora	1	3	11,80	424,03	5003,55	8,53	68,99	
3	Rua	17 de setembro (trecho I)	Coletora	1	2	16,66	1180,54	19667,80	5,21	89,99	
4	Rua	9 de Julho	Local	1	2	15,01	1341,76	20139,82	4,91	50,5	
5	Rua	Agenor da Cunha Pinto	Coletora	1	2	11,01	74,61	821,46	6,64	49,35	
6	Rua	Abdo Rachid	Coletora	1	3	13,60	93,79	1275,54	6,57	65,99	
7	Rua	Afonso Nicola Redondo	Coletora	1	3	12,36	245,12	3029,68	7,82	58,62	
8	Rua	Agostinho Irente	Local	1	4	16,87	199,26	3361,52	6,05	78,52	
9	Rua	1 Alfredo Batista Pizzolato	Local	1	3	13,18	620,49	8178,06	7,01	46,36	
10	Rua	2 Alfredo Rodrigues de Faria	Local	1	2	8,81	99,96	880,65	6,03	100	

Tabela 3.1– Características dos pavimentos avaliados.(continuação)

Seção	Nome	Tipo de Via	Pistas	Faixas	Larg. (m)	Comp. (m)	Área (m²)	IRI	PCI
11	Rua Almirante Gago Coutinho	Local	1	3	14,30	254,80	3643,64	5,29	51,1
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	Arterial	1	2	16,99	2333,74	39650,24	6,26	24,53
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	Local	1	3	11,21	64,56	723,72	9,17	36,51
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	Coletora	1	4	14,37	737,44	10597,01	6,33	28,17
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	Local	1	2	15,91	409,10	6508,78	5,25	54,92
16	Rua Baruel	Coletora	1	2	18,00	2800,59	50410,62	5,72	32,55
17	Rua Benjamin Constant	Coletora	1	4	14,15	2190,22	30991,61	6,37	32,52
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	Local	1	2	12,84	100,35	1288,49	12,56	32,72
19	Rua Campos Sales	Coletora	1	4	14,21	952,32	13532,47	7,45	46,78
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	Local	1	2	11,94	96,86	1156,51	6,75	17,93
21	Rua Cassia Francisco	Local	1	2	10,82	770,03	8331,72	5,42	79,59
22	Rua Deoclecio dos Santos	Local	1	3	11,68	99,72	1164,73	12,15	20,05
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	Local	1	2	14,23	487,34	6934,85	5,99	87,62
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	Coletora	1	2	13,94	420,30	5858,98	5,65	64,33
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	Coletora	1	4	12,38	453,32	5612,10	7,60	20,03
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	Local	1	2	8,94	64,92	580,38	6,16	35,47
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	Coletora	1	3	21,35	4589,27	97980,91	4,34	37,89
28	Rua Eliziel Alves Costa	Coletora	1	3	11,73	812,65	9532,38	11,04	65,06
29	Rua Bahia	Coletora	1	2	14,61	82,47	1204,89	3,45	100
30	Rua 2 Expedicionário Abílio Fernandes	Coletora	1	3	15,54	336,13	5223,46	6,64	58,21
31	Rua 3 Expedicionário João de Carvalho	Local	1	2	15,00	305,18	4577,70	4,95	77,71
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	Local	1	2	11,83	162,92	1927,34	5,23	32,74
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	Coletora	1	2	14,78	246,80	3647,70	5,60	81,29
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	Coletora	1	4	13,24	2954,63	39119,30	5,51	30,83
35	Tr. Guaio	Coletora	1	2	7,00	428,03	2996,21	7,21	91,63
36	Rua Jacomo Braghiroli	Local	1	2	7,84	98,83	774,83	10,28	61,91
37	Rua Jamil D'aglia	Coletora	1	2	7,57	311,50	2358,06	8,21	59,57
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	Local	1	1	6,88	168,17	1157,01	12,35	29,75
39	Rua Julio Alberto Mathey	Local	1	2	13,14	250,33	3289,34	8,83	23,14
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	Local	1	2	10,77	64,91	699,08	6,31	63,77
41	Rua Katsumi Yoshida	Local	1	2	8,83	77,06	680,44	4,51	33,61
42	Rua Konoe Endo	Local	1	2	17,73	441,41	7826,20	4,74	100
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	Local	1	1	6,10	311,69	1901,31	7,66	50,66
44	Rua 1 Marechal Deodoro	Local	1	4	15,33	527,76	8090,56	10,21	24,03
45	Rua 2 Marechal Rondon	Local	1	2	14,19	255,63	3627,39	5,25	82,04
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	Local	1	2	13,14	162,72	2138,14	6,69	69,57
47	Rua Militao Ramos da Silva	Local	1	2	12,25	175,12	2145,22	5,14	87,91

Tabela 3.1– Características dos pavimentos avaliados (continuação)

Seção	Nome	Tipo de Via	Pistas	Faixas	Larg. (m)	Comp. (m)	Área (m²)	IRI	PCI
48	Rua Mirambava	Local	1	2	8,94	691,12	6178,61	8,87	40,02
49	Rua Sara Cooper	Local	1	2	13,37	419,28	5605,77	4,65	100
50	Rua Monsenhor Nuno	Coletora	1	3	11,75	1047,94	12313,30	5,81	65,38
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	Local	1	3	12,48	194,33	2425,24	6,31	60,15
52	Rua 2 Nelson Pacheco	Coletora	1	2	13,62	82,77	1127,33	4,31	100
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	Coletora	1	3	9,00	680,32	6122,88	11,64	25,66
54	Rua Parana	Coletora	1	2	12,18	259,16	3156,57	5,61	84,52
55	Rua 1 Paulo Moriyama	Local	1	2	9,18	311,28	2857,55	9,34	48,32
56	Av. 2 Paulo Portela	Arterial	1	3	18,93	309,21	5853,35	3,31	100
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	Coletora	1	2	9,17	132,73	1217,13	6,73	65,98
58	Rua 2 Pedro Talarico	Local	1	2	9,72	74,64	725,50	7,11	100
59	Rua Portugal Freixo	Coletora	1	3	11,28	424,76	4791,29	8,25	59,89
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	Coletora	1	2	15,32	213,93	3277,41	5,65	31,76
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	Local	1	2	15,52	418,05	6488,14	4,76	62,9
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	Local	1	2	13,39	418,31	5601,17	6,56	69,56
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	Coletora	1	2	12,62	262,54	3313,25	8,45	7,23
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	Local	1	2	11,65	148,27	1727,35	10,44	46,59
65	Rua Rodrigo Antonio	Local	1	2	11,80	523,71	6179,78	10,33	33,62
66	Rua Rui Barbosa	Coletora	1	2	14,94	456,86	6825,49	8,54	19,08
67	Rua Sebastiao Luis	Local	1	2	11,88	206,12	2448,71	11,02	32,19
68	Rua Seian Hanashiro	Local	1	2	11,13	99,60	1108,55	5,80	94,24
69	Rua Suzano	Local	1	2	11,62	100,75	1170,72	8,49	37,61
70	Rua Takuo Habu	Coletora	1	2	11,81	227,34	2684,89	8,52	35,09
71	Tr. 1 Washington Luis	Local	1	2	8,88	79,44	705,43	8,28	92,41
72	Rua 2 Washington Luis	Local	1	2	16,26	446,97	7267,73	6,17	46
73	Av. Armando Salles de Oliveira	Arterial	1	4	16,35	2264,94	37031,77	6,56	32,78
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	Local	1	3	10,29	219,98	2263,59	7,69	43,47
75	Rua Part. Sovis	Coletora	1	4	12,92	95,28	1231,02	6,64	73,56
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	Coletora	1	2	9,98	194,78	1943,90	7,61	47,87
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	Coletora	2	2	21,35	4589,27	97980,91	4,92	35,66
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	Coletora	2	2	16,66	1180,54	19667,80	4,71	67,19

No que diz respeito ao PCI, a Tabela 3.1 mostra que quase 40% dos pavimentos se encontram entre uma condição péssima a ruim; 15% estão em estado regular e

quase 50% dos pavimentos se encontram em uma condição boa a excelente, como é indicado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Histograma da classificação do PCI dos pavimentos e suas frequências.

De acordo com os valores de IRI levantados com perfilômetro a *laser* em campo, constatou-se que mais de 50% dos pavimentos se encontraram em condições insatisfatórias de rolamento. Somente 33% das seções dos pavimentos analisados se encontravam com condições satisfatórias e não foi constatada nenhuma seção em condições excelentes. A Figura 3.2 apresenta um resumo do quadro encontrado em campo.

Figura
3.2 – Histograma da classificação do IRI dos pavimentos e suas frequências.

3.1.2 Defeitos dos Pavimentos Avaliados

Os defeitos levantados em campo foram as porcentagens de áreas com afundamentos e fissuras e os números de buracos e remendos, como apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Levantamento de defeitos dos pavimentos

Seção	Nome	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Número de buracos	Número de remendos
1	Rua 15 de novembro	10	10	6	6
2	Rua 27 de Outubro	5	5	0	25
3	Rua 17 de setembro (trecho I)	5	0	1	9
4	Rua 9 de Julho	10	10	5	30
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	25	10	0	0
6	Rua Abdo Rachid	0	5	0	0
7	Rua Afonso Nicola Redondo	25	5	0	11
8	Rua Agostinho Irente	5	0	1	4

Tabela 3.2 - Levantamento de defeitos dos pavimentos (continuação).

Seção	Nome	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Número de buracos	Número de remendos
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	25	25	2	33
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	0	0	0	1
11	Rua Almirante Gago Coutinho	10	5	2	4
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	50	25	26	109
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	50	25	0	6
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	50	50	6	46
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	10	10	2	33
16	Rua Baruel	25	50	14	57
17	Rua Benjamin Constant	50	25	6	81
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	50	10	1	13
19	Rua Campos Sales	25	25	3	54
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	50	5	6	6
21	Rua Cassia Francisco	0	0	4	2
22	Rua Deoclecio dos Santos	50	10	3	12
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	0	0	1	15
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	0	5	1	15
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	50	50	7	39
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	25	5	1	4
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	25	0	29	64
28	Rua Eliziel Alves Costa	5	5	0	10
29	Rua Bahia	0	0	0	0
30	Rua 2 Expedicionário Abílio Fernandes	5	5	2	10
31	Rua 3 Expedicionário João de Carvalho	5	0	2	3
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	50	5	3	11
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	0	0	1	10
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	50	25	24	151
35	Tr. Guaio	0	0	0	23
36	Rua Giacomo Braghiroli	10	5	0	8
37	Rua Jamil D'aglia	0	5	1	28
38	Rua 2 José da Costa Conceição	10	50	1	19
39	Rua Julio Alberto Mathey	50	50	3	18
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	5	5	0	2
41	Rua Katsumi Yoshida	50	25	0	1
42	Rua Konoe Endo	0	0	0	1

Tabela 3.2- Levantamento de defeitos dos pavimentos. (continuação)

Seção	Nome	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Número de buracos	Número de remendos
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	25	5	1	18
44	Rua 1 Marechal Deodoro	25	25	9	19
45	Rua 2 Marechal Rondon	0	0	1	7
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	25	5	0	12
47	Rua Militao Ramos da Silva	5	0	0	12
48	Rua Mirambava	5	50	2	16
49	Rua Sara Cooper	0	0	0	2
50	Rua Monsenhor Nuno	10	5	1	41
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	10	5	0	5
52	Rua 2 Nelson Pacheco	0	0	0	0
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	50	10	11	43
54	Rua Parana	0	0	1	10
55	Rua 1 Paulo Moriyama	25	5	2	27
56	Av. 2 Paulo Portela	0	0	0	0
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	0	5	0	0
58	Rua 2 Pedro Talarico	0	0	0	1
59	Rua Portugal Freixo	10	5	1	42
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	50	10	2	9
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	10	5	1	3
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	5	5	0	19
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	50	50	16	28
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	10	25	0	17
65	Rua Rodrigo Antonio	50	25	0	9
66	Rua Rui Barbosa	50	50	6	13
67	Rua Sebastiao Luis	0	5	5	10
68	Rua Seian Hanashiro	0	0	0	5
69	Rua Suzano	50	10	2	11
70	Rua Takuo Habu	50	10	2	13
71	Tr. 1 Washington Luis	0	0	0	5
72	Rua 2 Washington Luis	25	25	2	23
73	Av. Armando Salles de Oliveira	50	25	8	45
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	25	10	2	10
75	Rua Part. Sovis	0	0	1	5
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	10	25	0	14
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	25	25	41	43
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	5	5	1	12

Na Tabela 3.2 são indicadas as porcentagens das áreas fissuradas de cada seção. Fazendo um apanhado dos dados, foram encontrados pavimentos com frequências semelhantes para seções com áreas sem fissura alguma e seções com mais de 50% de sua área fissurada, como é apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Histograma de distribuição das áreas dos pavimentos com fissuras e suas frequências.

Também se verifica na Tabela 3.2 a porcentagem de área de afundamentos, que se mostrou pequena, pois as seções com área de afundamento maior ou igual a 50% representam apenas 10,25% do total, como fica evidenciado na Figura 3.4. A metade das seções não apresentou nenhum buraco ou apenas um, como apresentado na Figura 3.5. O número de remendos nas seções apresentadas na Tabela 3.2 foi bem heterogêneo, e os que tiveram as três maiores frequências estão representados na Figura 3.6

Figura 3.4 – Histograma de distribuição das áreas dos pavimentos com afundamentos e suas frequências.

Figura 3.5 – Histograma de distribuição de buracos dos pavimentos por seção e suas frequências.

Figura 3.6 – Histograma de distribuição de remendos dos pavimentos por seção e suas frequências.

3.1.3 Tráfego e Uso dos Pavimentos Avaliados

A Tabela 3.3 exibe o volume de tráfego de cada seção. Verifica-se que as seções que apresentaram maiores valores de VDM são seções referentes a vias comerciais. A tabela também mostra o uso das vias. Ressaltando que a zona que foi trabalhada é a central da cidade, enfatiza-se que o seu uso predominante ainda é residencial.

Tabela 3.3 – Volume de tráfego e uso predominante da via

Seção	Nome	VDM	Uso predominante
1	Rua 15 de novembro	3916	Residencial
2	Rua 27 de Outubro	4502	Residencial/Serviços
3	Rua 17 de setembro (trecho I)	8400	Residencial/Serviços
4	Rua 9 de Julho	8400	Residencial
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	840	Residencial
6	Rua Abdo Rachid	2520	Serviços

Tabela 3.3 – Volume de tráfego e uso predominante da via(continuação)

Seção	Nome	VDM	Uso predominante
7	Rua Afonso Nicola Redondo	3055	Comercial
8	Rua Agostinho Irente	2653	Residencial
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	6720	Residencial
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	2520	Residencial
11	Rua Almirante Gago Coutinho	1327	Residencial
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	6300	Comercial
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	3600	Residencial
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	1056	Residencial/Comercial/Serviços
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	871	Residencial
16	Rua Baruel	6552	Comercial/Industrial
17	Rua Benjamin Constant	5153	Comercial
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	2965	Residencial
19	Rua Campos Sales	410	Residencial/Comercial/Serviços
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	2653	Residencial
21	Rua Cassia Francisco	606	Residencial
22	Rua Deoclecio dos Santos	3299	Residencial
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	3009	Residencial
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	7560	Comercial/Serviços
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	4345	Residencial/Serviços
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	3360	Residencial
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	22608	Comercial
28	Rua Eliziel Alves Costa	2534	Comercial
29	Rua Bahia	840	Serviços
30	Rua 2 Expedicionário Abílio Fernandes	12713	Comercial
31	Rua 3 Expedicionário João de Carvalho	1096	Residencial
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	840	Residencial
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	3360	Residencial/Comercial
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	496	Comercial
35	Tr. Guaio	840	Residencial
36	Rua Jacomo Braghiroli	3366	Residencial
37	Rua Jamil D'aglia	986	Residencial/Serviços
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	840	Residencial
39	Rua Julio Alberto Mathey	2550	Residencial
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	3877	Residencial
41	Rua Katsumi Yoshida	3360	Residencial

Tabela 3.3 – Volume de tráfego e uso predominante da via (continuação)

Seção	Nome	VDM	Uso predominante
42	Rua Konoe Endo	3090	Residencial
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	840	Residencial
44	Rua 1 Marechal Deodoro	3786	Residencial
45	Rua 2 Marechal Rondon	1181	Residencial
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	1680	Residencial
47	Rua Militao Ramos da Silva	840	Residencial
48	Rua Mirambava	840	Residencial
49	Rua Sara Cooper	3086	Residencial
50	Rua Monsenhor Nuno	5040	Residencial/Comercial/Serviços
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	1680	Residencial
52	Rua 2 Nelson Pacheco	2291	Serviços
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	840	Residencial/Comercial
54	Rua Parana	989	Residencial/Serviços
55	Rua 1 Paulo Moriyama	917	Residencial
56	Av. 2 Paulo Portela	8605	Serviços
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	2291	Residencial
58	Rua 2 Pedro Talarico	909	Residencial
59	Rua Portugal Freixo	567	Comercial
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	1293	Residencial/Comercial/Serviços
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	1096	Residencial
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	554	Residencial
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	6619	Comercial
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	16800	Residencial
65	Rua Rodrigo Antonio	4785	Residencial
66	Rua Rui Barbosa	6979	Comercial
67	Rua Sebastiao Luis	3747	Residencial
68	Rua Seian Hanashiro	2520	Residencial
69	Rua Suzano	3360	Residencial
70	Rua Takuo Habu	1200	Residencial/Serviços
71	Tr. 1 Washington Luis	6300	Residencial
72	Rua 2 Washington Luis	2653	Residencial
73	Av. Armando Salles de Oliveira	1906	Comercial
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	934	Residencial
75	Rua Part. Sovis	2520	Comercial
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	1924	Comercial
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	28560	Comercial
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	3074	Residencial/Comercial

3.1.4 Manutenção e Reabilitação dos Pavimentos Avaliados

As estratégias de manutenção e reabilitação para cada seção dos pavimentos, de acordo com o critério proposto por Tavakoli (1992), estão apresentadas na Tabela 3.4 e foram calculadas segundo as equações 29 e 30 do capítulo 2.

Tabela 3.4 – Estratégias de manutenção e reabilitação.

Seção	Nome	PCI	IRI	QI	PSI	Opção	Estratégia
1	Rua 15 de novembro	40,58	3,99	51,59	3,5	D	Reabilitação
2	Rua 27 de Outubro	68,99	8,53	121,56	2,4	A	Manutenção de rotina
3	Rua 17 de setembro (trecho I)	89,99	5,21	70,27	3,2	A	Manutenção de rotina
4	Rua 9 de Julho	50,5	4,91	65,68	3,3	C	Remendos especiais
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	49,35	6,64	92,36	2,8	C	Remendos especiais
6	Rua Abdo Rachid	65,99	6,57	91,26	2,9	A	Manutenção de rotina
7	Rua Afonso Nicola Redondo	58,62	7,82	110,65	2,6	C	Remendos especiais
8	Rua Agostinho Irente	78,52	6,05	83,21	3,0	A	Manutenção de rotina
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	46,36	7,01	98,02	2,8	C	Remendos especiais
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	100	6,03	82,91	3,0	1A	Não fazer nada
11	Rua Almirante Gago Coutinho	51,1	5,29	71,57	3,2	C	Remendos especiais
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	24,53	6,26	86,60	2,9	E	Reconstrução
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	36,51	9,17	131,40	2,3	D	Reabilitação
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	28,17	6,33	87,59	2,9	D	Reabilitação
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	54,92	5,25	70,98	3,2	C	Remendos especiais
16	Rua Baruel	32,55	5,72	78,16	3,1	D	Reabilitação
17	Rua Benjamin Constant	32,52	6,37	88,25	2,9	D	Reabilitação
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	32,72	12,56	183,68	1,7	E	Reconstrução
19	Rua Campos Sales	46,78	7,45	104,94	2,7	C	Remendos especiais
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	17,93	6,75	94,01	2,8	E	Reconstrução
21	Rua Cassia Francisco	79,59	5,42	73,61	3,1	A	Manutenção de rotina
22	Rua Deoclecio dos Santos	20,05	12,15	177,35	1,8	E	Reconstrução
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	87,62	5,99	82,38	3,0	A	Manutenção de rotina
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	64,33	5,65	77,19	3,1	A	Manutenção de rotina
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	20,03	7,60	107,22	2,6	E	Reconstrução
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	35,47	6,16	84,91	3,0	D	Reabilitação

Tabela 3.4 – Estratégias de manutenção e reabilitação (continuação),

Seção	Nome	PCI	IRI	QI	PSI	Opção	Estratégia
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	37,89	4,34	56,92	3,4	D	Reabilitação
28	Rua Eliziel Alves Costa	65,06	11,04	160,24	2,0	A	Manutenção de rotina
29	Rua Bahia	100	3,45	43,16	3,7	1A	Não fazer nada
30	Rua 2 Expedicionario Abílio Fernandes	58,21	6,64	92,36	2,8	C	Remendos especiais
31	Rua 3 Expedicionario Joao de Carvalho	77,71	4,95	66,30	3,3	A	Manutenção de rotina
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	32,74	5,23	70,70	3,2	D	Reabilitação
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	81,29	5,60	76,31	3,1	A	Manutenção de rotina
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	30,83	5,51	74,93	3,1	D	Reabilitação
35	Tr. Guaio	91,63	7,21	101,19	2,7	A	Manutenção de rotina
36	Rua Jacomo Braghiroli	61,91	10,28	148,47	2,1	A	Manutenção de rotina
37	Rua Jamil D'aglia	59,57	8,21	116,62	2,5	C	Remendos especiais
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	29,75	12,35	180,40	1,8	E	Reconstrução
39	Rua Julio Alberto Mathey	23,14	8,83	126,19	2,4	E	Reconstrução
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	63,77	6,31	87,30	2,9	A	Manutenção de rotina
41	Rua Katsumi Yoshida	33,61	4,51	59,54	3,4	D	Reabilitação
42	Rua Konoe Endo	100	4,74	63,09	3,3	1A	Não fazer nada
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	50,66	7,66	108,12	2,6	C	Remendos especiais
44	Rua 1 Marechal Deodoro	24,03	10,21	147,48	2,1	E	Reconstrução
45	Rua 2 Marechal Rondon	82,04	5,25	70,99	3,2	A	Manutenção de rotina
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	69,57	6,69	93,11	2,8	A	Manutenção de rotina
47	Rua Militao Ramos da Silva	87,91	5,14	69,22	3,2	A	Manutenção de rotina
48	Rua Mirambava	40,02	8,87	126,71	2,4	D	Reabilitação
49	Rua Sara Cooper	100	4,65	61,74	3,4	1A	Não fazer nada
50	Rua Monsenhor Nuno	65,38	5,81	79,54	3,0	A	Manutenção de rotina
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	60,15	6,31	87,30	2,9	C	Remendos especiais
52	Rua 2 Nelson Pacheco	100	4,31	56,38	3,4	1A	Não fazer nada
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	25,66	11,64	169,42	1,9	E	Reconstrução
54	Rua Parana	84,52	5,61	76,53	3,1	A	Manutenção de rotina
55	Rua 1 Paulo Moriyama	48,32	9,34	134,07	2,3	D	Reabilitação
56	Av. 2 Paulo Portela	100	3,31	41,01	3,7	1A	Não fazer nada
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	65,98	6,73	93,78	2,8	A	Manutenção de rotina
58	Rua 2 Pedro Talarico	100	7,11	99,56	2,7	1A	Não fazer nada
59	Rua Portugal Freixo	59,89	8,25	117,22	2,5	C	Remendos especiais

Tabela 3.4 – Estratégias de manutenção e reabilitação. (continuação)

Seção	Nome	PCI	IRI	QI	PSI	Opção	Estratégia
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	31,76	5,65	77,12	3,1	D	Reabilitação
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	62,9	4,76	63,43	3,3	A	Manutenção de rotina
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	69,56	6,56	91,16	2,9	A	Manutenção de rotina
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	7,23	8,45	120,35	2,5	E	Reconstrução
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	46,59	10,44	150,98	2,1	D	Reabilitação
65	Rua Rodrigo Antonio	33,62	10,33	149,29	2,1	D	Reabilitação
66	Rua Rui Barbosa	19,08	8,54	121,61	2,4	E	Reconstrução
67	Rua Sebastiao Luis	32,19	11,02	159,98	2,0	E	Reconstrução
68	Rua Seian Hanashiro	94,24	5,80	79,36	3,1	A	Manutenção de rotina
69	Rua Suzano	37,61	8,49	120,92	2,4	D	Reabilitação
70	Rua Takuo Habu	35,09	8,52	121,42	2,4	D	Reabilitação
71	Tr. 1 Washington Luis	92,41	8,28	117,68	2,5	A	Manutenção de rotina
72	Rua 2 Washington Luis	46	6,17	85,16	3,0	C	Remendos especiais
73	Av. Armando Salles de Oliveira	32,78	6,56	91,14	2,9	D	Reabilitação
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	43,47	7,69	108,50	2,6	C	Remendos especiais
75	Rua Part. Sovis	73,56	6,64	92,36	2,8	A	Manutenção de rotina
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	47,87	7,61	107,27	2,6	C	Remendos especiais
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	35,66	4,92	65,92	3,3	D	Reabilitação
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	67,19	4,705769	62,56	3,3	A	Manutenção de rotina

3.1.5 Custos dos Pavimentos Avaliados

Os custos totais de cada seção dos pavimentos apresentados são compostos por custos unitários, que foram apresentados na Tabela 2.2 do capítulo 2. Por meio dos custos unitários foi realizado o cálculo do custo total das estratégias para cada seção, conforme a estratégia de manutenção e reabilitação estabelecida. O demonstrativo dos cálculos dos custos unitários empregados encontra-se apresentado no Anexo B deste trabalho. A Tabela 3.5 indica os custos de cada manutenção e reabilitação para cada seção de pavimento.

Observa-se que em algumas situações, quando se tem a estratégia de manutenção de rotina, o custo é zero, apesar de os pavimentos apresentarem

remendos, afundamento ou fissuras. Isso acontece porque o método contempla para esta estratégia apenas tapa-buracos.

Tabela 3.5 – Custos totais de cada seção.

Seção	Nome	Área da Seção (m²)	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Nº de Buracos	Nº de Remendos	Estratégia de M&R	Custo (R\$)
1	Rua 15 de novembro	6535,60	10	10	6	6	Reabilitação	187.843,53
2	Rua 27 de Outubro	5003,55	5	5	0	25	Manutenção de rotina	-
3	Rua 17 de setembro (trecho I)	19667,80	5	0	1	9	Manutenção de rotina	8,47
4	Rua 9 de Julho	20139,82	10	10	5	30	Remendos especiais	106.078,56
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	821,46	25	10	0	0	Remendos especiais	4.308,92
6	Rua Abdo Rachid	1275,54	0	5	0	0	Manutenção de rotina	-
7	Rua Afonso Nicola Redondo	3029,68	25	5	0	11	Remendos especiais	8.090,31
8	Rua Agostinho Irente	3361,52	5	0	1	4	Manutenção de rotina	8,47
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	8178,06	25	25	2	33	Remendos especiais	107.694,08
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	880,65	0	0	0	1	Não fazer nada	-
11	Rua Almirante Gago Coutinho	3643,64	10	5	2	4	Remendos especiais	9.625,69
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	39650,24	50	25	26	109	Reconstrução	3.021.404,00
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	723,72	50	25	0	6	Reabilitação	20.800,80
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	10597,01	50	50	6	46	Reabilitação	304.575,10
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	6508,78	10	10	2	33	Remendos especiais	34.591,30
16	Rua Baruel	50410,62	25	50	14	57	Reabilitação	1.448.881,88
17	Rua Benjamin Constant	30991,61	50	25	6	81	Reabilitação	890.748,54
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	1288,49	50	10	1	13	Reconstrução	98.185,05
19	Rua Campos Sales	13532,47	25	25	3	54	Remendos especiais	178.193,92
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	1156,51	50	5	6	6	Reconstrução	88.127,56
21	Rua Cassia Francisco	8331,72	0	0	4	2	Manutenção de rotina	33,87
22	Rua Deoclecio dos Santos	1164,73	50	10	3	12	Reconstrução	88.754,03
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	6934,85	0	0	1	15	Manutenção de rotina	8,47
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	5858,98	0	5	1	15	Manutenção de rotina	8,47
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	5612,10	50	50	7	39	Reconstrução	427.650,00
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	580,38	25	5	1	4	Reabilitação	16.681,19
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	97980,91	25	0	29	64	Reabilitação	2.816.128,25
28	Rua Elízio Alves Costa	9532,38	5	5	0	10	Manutenção de rotina	-
29	Rua Bahia	1204,89	0	0	0	0	Não fazer nada	-
30	Rua 2 Expedicionário Abílio Fernandes	5223,46	5	5	2	10	Remendos especiais	13.847,82
31	Rua 3 Expedicionário João de Carvalho	4577,70	5	0	2	3	Manutenção de rotina	16,94

Tabela 3.5– Custos totais de cada seção. (continuação)

Seção	Nome	Área da Seção (m²)	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Nº de Buracos	Nº de Remendos	Estratégia de M&R	Custo (R\$)
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	1927,34	50	5	3	11	Reabilitação	55.394,94
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	3647,70	0	0	1	10	Manutenção de rotina	8,47
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	39119,30	50	25	24	151	Reabilitação	1.124.351,31
35	Tr. Guaio	2996,21	0	0	0	23	Manutenção de rotina	-
36	Rua Jacomo Braghiroli	774,83	10	5	0	8	Manutenção de rotina	-
37	Rua Jamil D'aglia	2358,06	0	5	1	28	Remendos especiais	6.560,20
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	1157,01	10	50	1	19	Reconstrução	88.165,75
39	Rua Julio Alberto Mathey	3289,34	50	50	3	18	Reconstrução	250.652,02
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	699,08	5	5	0	2	Manutenção de rotina	-
41	Rua Katsumi Yoshida	680,44	50	25	0	1	Reabilitação	19.556,93
42	Rua Konoe Endo	7826,20	0	0	0	1	Não fazer nada	-
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	1901,31	25	5	1	18	Remendos especiais	5.231,14
44	Rua 1 Marechal Deodoro	8090,56	25	25	9	19	Reconstrução	616.512,06
45	Rua 2 Marechal Rondon	3627,39	0	0	1	7	Manutenção de rotina	8,47
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	2138,14	25	5	0	12	Manutenção de rotina	-
47	Rua Militao Ramos da Silva	2145,22	5	0	0	12	Manutenção de rotina	-
48	Rua Mirambava	6178,61	5	50	2	16	Reabilitação	177.583,22
49	Rua Sara Cooper	5605,77	0	0	0	2	Não fazer nada	-
50	Rua Monsenhor Nuno	12313,30	10	5	1	41	Manutenção de rotina	8,47
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	2425,24	10	5	0	5	Remendos especiais	6.426,33
52	Rua 2 Nelson Pacheco	1127,33	0	0	0	0	Não fazer nada	-
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	6122,88	50	10	11	43	Reconstrução	466.572,03
54	Rua Parana	3156,57	0	0	1	10	Manutenção de rotina	8,47
55	Rua 1 Paulo Moriyama	2857,55	25	5	2	27	Reabilitação	82.130,57
56	Av. 2 Paulo Portela	5853,35	0	0	0	0	Não fazer nada	-
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	1217,13	0	5	0	0	Manutenção de rotina	-
58	Rua 2 Pedro Talarico	725,50	0	0	0	1	Não fazer nada	-
59	Rua Portugal Freixo	4791,29	10	5	1	42	Remendos especiais	13.125,53
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	3277,41	50	10	2	9	Reabilitação	94.197,94
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	6488,14	10	5	1	3	Manutenção de rotina	8,47
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	5601,17	5	5	0	19	Manutenção de rotina	-
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	3313,25	50	50	16	28	Reconstrução	252.474,65
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	1727,35	10	25	0	17	Reabilitação	49.646,67
65	Rua Rodrigo Antonio	6179,78	50	25	0	9	Reabilitação	177.616,71
66	Rua Rui Barbosa	6825,49	50	50	6	13	Reconstrução	520.111,77
67	Rua Sebastiao Luis	2448,71	0	5	5	10	Reconstrução	186.594,79

Tabela 3.5 – Custos totais de cada seção. (continuação)

Seção	Nome		Área da Seção (m²)	% Área com fissuras	% Área de Afundamentos	Nº de Buracos	Nº de Remendos	Estratégia de M&R	Custo (R\$)
68	Rua	Seian Hanashiro	1108,55	0	0	0	5	Manutenção de rotina	-
69	Rua	Suzano	1170,72	50	10	2	11	Reabilitação	33.648,22
70	Rua	Takuo Habu	2684,89	50	10	2	13	Reabilitação	77.167,90
71	Tr.	1 Washington Luis	705,43	0	0	0	5	Manutenção de rotina	-
72	Rua	2 Washington Luis	7267,73	25	25	2	23	Remendos especiais	95.625,23
73	Av.	Armando Salles de Oliveira	37031,77	50	25	8	45	Reabilitação	1.064.352,29
74	Rua	1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	2263,59	25	10	2	10	Remendos especiais	12.021,69
75	Rua	Part. Sovis	1231,02	0	0	1	5	Manutenção de rotina	8,47
76	Rua	1 Jose Correia Goncalves	1943,90	10	25	0	14	Remendos especiais	25.675,32
77	Rua	1 Prudente de Moraes - volta	97980,91	25	25	41	43	Reabilitação	2.816.128,25
78	Rua	2 7 de setembro (trecho II)	19667,80	5	5	1	12	Manutenção de rotina	8,47
TOTAL (R\$)									18.189.877,97

3.1.6 Índice de Prioridades dos Pavimentos Avaliados

O índice de prioridades e seus fatores são calculados de acordo com a Tabela 2.9 e a equação 31 do capítulo 2. Os resultados desses cálculos são apresentados pela Tabela 3.6.

Os índices de prioridades das seções são valores numéricos, que neste caso variam de 10,04 a 0,03. Quanto maior for o índice, maior será a prioridade de manutenção e reabilitação da seção.

Tabela 3.6 – Índice de prioridades.

Seção	Nome da Seção		Fator de tráfego	Fator de classe funcional	Fator de trânsito	Índice de manutenção	Fator de manutenção	Índice de prioridade
1	Rua	15 de novembro	50	1,0	1,0	4	0,5	0,62
2	Rua	27 de Outubro	50	1,1	1,1	1	0,2	0,18
3	Rua	1 7 de setembro (trecho I)	100	1,1	1,1	1	0,2	0,27
4	Rua	9 de Julho	100	1,0	1,0	3	0,4	0,79

Tabela 3.6 – Índice de prioridades (continuação).

Seção	Nome da Seção	Fator de tráfego	Fator de classe funcional	Fator de trânsito	Índice de manutenção	Fator de manutenção	Índice de prioridade
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	30	1,1	1,0	3	0,4	0,27
6	Rua Abdo Rachid	50	1,1	1,1	1	0,2	0,18
7	Rua Afonso Nicola Redondo	50	1,1	1,1	3	0,4	0,41
8	Rua Agostinho Irente	50	1,0	1,0	1	0,2	0,13
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	100	1,0	1,0	3	0,4	0,86
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	50	1,0	1,0	0	0,1	0,05
11	Rua Almirante Gago Coutinho	40	1,0	1,0	3	0,4	0,31
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	100	1,2	1,1	5	0,6	3,23
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	50	1,0	1,0	4	0,5	0,68
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	40	1,1	1,1	4	0,5	0,86
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	30	1,0	1,0	3	0,4	0,22
16	Rua Baruel	100	1,1	1,1	4	0,5	1,86
17	Rua Benjamin Constant	100	1,1	1,1	4	0,5	1,86
18	Rua Brasílio Valente de Aguiar	50	1,0	1,0	5	0,6	0,92
19	Rua Campos Sales	20	1,1	1,1	3	0,4	0,21
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	50	1,0	1,0	5	0,6	1,67
21	Rua Cassia Francisco	30	1,0	1,0	1	0,2	0,08
22	Rua Deoclecio dos Santos	50	1,0	1,0	5	0,6	1,50
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	50	1,0	1,0	1	0,2	0,11
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	100	1,1	1,1	1	0,2	0,38
25	Rua 2 Dr. Felício de Camargo	50	1,1	1,1	5	0,6	1,81
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	50	1,0	1,0	4	0,5	0,70
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	100	1,1	1,1	4	0,5	1,60
28	Rua Eliziel Alves Costa	50	1,1	1,1	1	0,2	0,19
29	Rua Bahia	30	1,1	1,1	0	0,1	0,04
30	Rua 2 Expedicionário Abílio Fernandes	100	1,1	1,1	3	0,4	0,83
31	Rua 3 Expedicionário João de Carvalho	40	1,0	1,0	1	0,2	0,10
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	30	1,0	1,0	4	0,5	0,46
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	50	1,1	1,1	1	0,2	0,15
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	20	1,1	1,1	4	0,5	0,39
35	Tr. Guaio	30	1,1	1,0	1	0,2	0,07
36	Rua Jacomo Braghiroli	50	1,0	1,0	1	0,2	0,16
37	Rua Jamil D'aglia	30	1,1	1,1	3	0,4	0,24
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	30	1,0	1,0	5	0,6	0,61
39	Rua Julio Alberto Mathey	50	1,0	1,0	5	0,6	1,30
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	50	1,0	1,0	1	0,2	0,16
41	Rua Katsumi Yoshida	50	1,0	1,0	4	0,5	0,74

Tabela 3.6 – Índice de prioridades. (continuação)

Seção	Nome da Seção	Fator de tráfego	Fator de classe funcional	Fator de trânsito	Índice de manutenção	Fator de manutenção	Índice de prioridade
42	Rua Konoe Endo	50	1,0	1,0	0	0,1	0,05
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	30	1,0	1,0	3	0,4	0,24
44	Rua 1 Marechal Deodoro	50	1,0	1,0	5	0,6	1,25
45	Rua 2 Marechal Rondon	40	1,0	1,0	1	0,2	0,10
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	40	1,0	1,0	1	0,2	0,11
47	Rua Militao Ramos da Silva	30	1,0	1,0	1	0,2	0,07
48	Rua Mirambava	30	1,0	1,0	4	0,5	0,37
49	Rua Sara Cooper	50	1,0	1,0	0	0,1	0,05
50	Rua Monsenhor Nuno	100	1,1	1,1	1	0,2	0,37
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	40	1,0	1,0	3	0,4	0,27
52	Rua 2 Nelson Pacheco	50	1,1	1,1	0	0,1	0,06
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	30	1,1	1,1	5	0,6	0,85
54	Rua Parana	30	1,1	1,1	1	0,2	0,09
55	Rua 1 Paulo Moriyama	30	1,0	1,0	4	0,5	0,31
56	Av. 2 Paulo Portela	100	1,2	1,1	0	0,1	0,13
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	50	1,1	1,0	1	0,2	0,17
58	Rua 2 Pedro Talarico	30	1,0	1,0	0	0,1	0,03
59	Rua Portugal Freixo	30	1,1	1,1	3	0,4	0,24
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	40	1,1	1,1	4	0,5	0,76
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	40	1,0	1,0	1	0,2	0,13
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	30	1,0	1,0	1	0,2	0,09
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	100	1,1	1,1	5	0,6	10,04
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	100	1,0	1,0	4	0,5	1,07
65	Rua Rodrigo Antonio	50	1,0	1,0	4	0,5	0,74
66	Rua Rui Barbosa	100	1,1	1,1	5	0,6	3,81
67	Rua Sebastiao Luis	50	1,0	1,0	5	0,6	0,93
68	Rua Seian Hanashiro	50	1,0	1,0	1	0,2	0,11
69	Rua Suzano	50	1,0	1,0	4	0,5	0,66
70	Rua Takuo Habu	40	1,1	1,1	4	0,5	0,69
71	Tr. 1 Washington Luis	100	1,0	1,0	1	0,2	0,22
72	Rua 2 Washington Luis	50	1,0	1,0	3	0,4	0,43
73	Av. Armando Salles de Oliveira	40	1,2	1,1	4	0,5	0,81
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	30	1,0	1,0	3	0,4	0,28
75	Rua Part. Sovis	50	1,1	1,1	1	0,2	0,16
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	40	1,1	1,1	3	0,4	0,40
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	100	1,1	1,1	4	0,5	1,70
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	50	1,1	1,1	1	0,2	0,18

3.1.7 Relatório de Priorização dos Pavimentos Avaliados

O relatório de priorização contempla todas as informações relevantes sobre cada seção de pavimento analisada, as quais foram apresentadas em ordem decrescente, conforme a prioridade determinada pelo critério de Tavakoli (1992). O relatório final de resultados empregando-se o modelo de Tavakoli é apresentado na Tabela 3.7. No relatório final observa-se que as seções com os maiores índices de prioridades, na maioria dos casos, são aquelas que necessitam de reconstrução, e as seções com os menores índices de prioridades são as que não necessitam de nenhum reparo ou apenas de tapa-buracos.

Na tabela 3.7, algumas seções apresentaram uma estratégia de M&R de tapa-buracos, com um índice de prioridade superior a de outras seções a serem reparadas, porém sem custo algum, isto se deve ao fato de ter se optado para este trabalho na manutenção de rotina trabalhar apenas com tapa-buracos, como forma de simplificar o método, para a comparação com o HDM-4. Porém também é contemplado pelo Método de Tavakoli (1992), a selagem de juntas, remendos superficiais e reparos locais, que seriam as alternativas de M&R para estas seções.

Tabela 3.7 – Relatório do índice de prioridades decrescente.

Seção	Nome		Tipo de Via	Comp. (m)	PCI	IRI	VDM	Estratégia de Manutenção	Manutenção & Reabilitação	Índice de prioridade	Custo (R\$)
63	Rua	Regina Cabalau Mendonca	Coletora	262,54	7,23	8,45	6619	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	10,04	252.474,65
66	Rua	Rui Barbosa	Coletora	456,86	19,08	8,54	6979	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	3,81	520.111,77
12	Av.	1 Antonio Marques Figueira	Arterial	2333,74	24,53	6,26	6300	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	3,23	3.021.404,00
17	Rua	Benjamin Constant	Coletora	2190,22	32,52	6,37	5153	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	1,86	890.748,54
16	Rua	Baruel	Coletora	2800,59	32,55	5,72	6552	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	1,86	1.448.881,88
25	Rua	2 Dr. Felicio de Camargo	Coletora	453,32	20,03	7,60	4345	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	1,81	427.650,00
77	Rua	1 Prudente de Moraes - volta	Coletora	4589,27	35,66	4,92	28560	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	1,70	2.816.128,25
20	Rua	Carlos Ferreira de Aguiar	Local	96,86	17,93	6,75	2653	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	1,67	88.127,56
27	Rua	2 Prudente de Moraes - ida	Coletora	4589,27	37,89	4,34	22608	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	1,60	2.816.128,25
22	Rua	Deoclecio dos Santos	Local	99,72	20,05	12,15	3299	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	1,50	88.754,03
39	Rua	Julio Alberto Mathey	Local	250,33	23,14	8,83	2550	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	1,30	250.652,02
44	Rua	1 Marechal Deodoro	Local	527,76	24,03	10,21	3786	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	1,25	616.512,06
64	Rua	Rivaldo Venancio da Costa	Local	148,27	46,59	10,44	16800	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	1,07	49.646,67
67	Rua	Sebastiao Luis	Local	206,12	32,19	11,02	3747	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	0,93	186.594,79
18	Rua	Brasilio Valente de Aguiar	Local	100,35	32,72	12,56	2965	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	0,92	98.185,05
9	Rua	1 Alfredo Batista Pizzolato	Local	620,49	46,36	7,01	6720	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,86	107.694,08
14	Rua	1 Barao de Jaceguai	Coletora	737,44	28,17	6,33	1056	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,86	304.575,10
53	Rua	Nossa Senhora Aparecida	Coletora	680,32	25,66	11,64	840	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	0,85	466.572,03
30	Rua	2 Expedicionario Abílio Fernandes	Coletora	336,13	58,21	6,64	12713	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,83	13.847,82
73	Av.	Armando Salles de Oliveira	Arterial	2264,94	32,78	6,56	1906	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,81	1.064.352,29
4	Rua	9 de Julho	Local	1341,76	50,5	4,91	8400	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,79	106.078,56
60	Rua	Pres. Rodrigues Alves	Coletora	213,93	31,76	5,65	1293	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,76	94.197,94
41	Rua	Katsumi Yoshida	Local	77,06	33,61	4,51	3360	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,74	19.556,93
65	Rua	Rodrigo Antonio	Local	523,71	33,62	10,33	4785	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,74	177.616,71

Tabela 3.7 – Relatório do índice de prioridades decrescente. (continuação)

Seção	Nome	Tipo de Via	Comp. (m)	PCI	IRI	VDM	Estratégia de Manutenção	Manutenção & Reabilitação	Índice de prioridade	Custo (R\$)
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	Local	64,92	35,47	6,16	3360	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,70	16.681,19
70	Rua Takuo Habu	Coletora	227,34	35,09	8,52	1200	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,69	77.167,90
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	Local	64,56	36,51	9,17	3600	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,68	20.800,80
69	Rua Suzano	Local	100,75	37,61	8,49	3360	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,66	33.648,22
1	Rua 15 de novembro	Local	423,29	40,58	3,99	3916	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,62	187.843,53
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	Local	168,17	29,75	12,35	840	Reconstrução	CBR=4%+21cm solo selecionado+23 cm BGS+4cm CAUQ	0,61	88.165,75
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	Local	162,92	32,74	5,23	840	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,46	55.394,94
72	Rua 2 Washington Luis	Local	446,97	46	6,17	2653	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,43	95.625,23
7	Rua Afonso Nicola Redondo	Coletora	245,12	58,62	7,82	3055	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,41	8.090,31
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	Coletora	194,78	47,87	7,61	1924	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,40	25.675,32
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	Coletora	2954,63	30,83	5,51	496	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,39	1.124.351,31
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	Coletora	420,3	64,33	5,65	7560	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,38	8,47
48	Rua Mirambava	Local	691,12	40,02	8,87	840	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,37	177.583,22
50	Rua Monsenhor Nuno	Coletora	1047,94	65,38	5,81	5040	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,37	8,47
11	Rua Almirante Gago Coutinho	Local	254,8	51,1	5,29	1327	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,31	9.625,69
55	Rua 1 Paulo Moriyama	Local	311,28	48,32	9,34	917	Reabilitação	Fresa 4cm + CAUQ 4 cm	0,31	82.130,57
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	Local	219,98	43,47	7,69	934	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,28	12.021,69
3	Rua 1 7 de setembro (trecho I)	Coletora	1180,54	89,99	5,21	8400	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,27	8,47
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	Coletora	74,61	49,35	6,64	840	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,27	4.308,92
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	Local	194,33	60,15	6,31	1680	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,27	6.426,33
37	Rua Jamil D'aglia	Coletora	311,5	59,57	8,21	986	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,24	6.560,20
59	Rua Portugal Freixo	Coletora	424,76	59,89	8,25	567	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,24	13.125,53
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	Local	311,69	50,66	7,66	840	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,24	5.231,14
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	Local	409,1	54,92	5,25	871	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,22	34.591,30

Tabela 3.7 – Relatório do índice de prioridades decrescente. (continuação)

Seção	Nome	Tipo de Via	Comprimento (m)	PCI	IRI	VDM	Estratégia de Manutenção	Manutenção & Reabilitação	Índice de prioridade	Custo (R\$)
71	Tr. 1 Washington Luis	Local	79,44	92,41	8,28	6300	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,22	-
19	Rua Campos Sales	Coletora	952,32	46,78	7,45	410	Remendos especiais	Tapa-Buraco+ Remendos Grandes =Remoção do pav+sub-base BGS+CAUQ+imprimadura	0,21	178.193,92
28	Rua Eliziel Alves Costa	Coletora	812,65	65,06	11,04	2534	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,19	-
6	Rua Abdo Rachid	Coletora	93,79	65,99	6,57	2520	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,18	-
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	Coletora	1180,54	67,19	4,71	3074	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,18	8,47
2	Rua 27 de Outubro	Coletora	424,03	68,99	8,53	4502	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,18	-
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	Coletora	132,73	65,98	6,73	2291	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,17	-
75	Rua Part. Sovis	Coletora	95,28	73,56	6,64	2520	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,16	8,47
36	Rua Jacomo Braghiroli	Local	98,83	61,91	10,28	3366	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,16	-
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	Local	64,91	63,77	6,31	3877	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,16	-
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	Coletora	246,8	81,29	5,60	3360	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,15	8,47
56	Av. 2 Paulo Portela	Arterial	309,21	100	3,31	8605	Não fazer nada	Não fazer nada	0,13	-
8	Rua Agostinho Irente	Local	199,26	78,52	6,05	2653	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,13	8,47
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	Local	418,05	62,9	4,76	1096	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,13	8,47
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	Local	162,72	69,57	6,69	1680	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,11	-
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	Local	487,34	87,62	5,99	3009	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,11	8,47
68	Rua Seian Hanashiro	Local	99,6	94,24	5,80	2520	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,11	-
31	Rua 3 Expedicionário Joao de Carvalho	Local	305,18	77,71	4,95	1096	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,10	16,94
45	Rua 2 Marechal Rondon	Local	255,63	82,04	5,25	1181	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,10	8,47
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	Local	418,31	69,56	6,56	554	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,09	-
54	Rua Parana	Coletora	259,16	84,52	5,61	989	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,09	8,47
21	Rua Cassia Francisco	Local	770,03	79,59	5,42	606	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,08	33,87
35	Tr. Guaio	Coletora	428,03	91,63	7,21	840	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,07	-

Tabela 3.7 – Relatório do índice de prioridades decrescente. (continuação)

Seção	Nome	Tipo de Via	Comp. (m)	PCI	IRI	VDM	Estratégia de Manutenção	Manutenção & Reabilitação	Índice de prioridade	Custo (R\$)
47	Rua Militao Ramos da Silva	Local	175,12	87,91	5,14	840	Manutenção de rotina	Tapa-buraco	0,07	-
52	Rua 2 Nelson Pacheco	Coletora	82,77	100	4,31	2291	Não fazer nada	Não fazer nada	0,06	-
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	Local	99,96	100	6,03	2520	Não fazer nada	Não fazer nada	0,05	-
42	Rua Konoe Endo	Local	441,41	100	4,74	3090	Não fazer nada	Não fazer nada	0,05	-
49	Rua Sara Cooper	Local	419,28	100	4,65	3086	Não fazer nada	Não fazer nada	0,05	-
29	Rua Bahia	Coletora	82,47	100	3,45	840	Não fazer nada	Não fazer nada	0,04	-
58	Rua 2 Pedro Talarico	Local	74,64	100	7,11	909	Não fazer nada	Não fazer nada	0,03	-

3.2 Aplicação do Modelo HDM-4 para o Conjunto de Vias Analisadas

O HDM-4 é um modelo de critérios abertos, ou seja é o usuário quem define os parâmetros de manutenção e reabilitação, diferindo do Modelo de Tavakoli que é um modelo de critérios fechados, onde estes parâmetros já são definidos pelo próprio método. Assim sendo, foi necessário a definição dos parâmetros para a aplicação do Modelo HDM-4, e estes foram:

- Tapa – Buracos: definiu-se o critério do serviço de tapa-buracos quando a seção apresentou de 1 a 25 buracos por quilômetro, para qualquer nível de tráfego. O custo econômico deste critério foi de R\$ 33,87, e o custo financeiro R\$ 38,95.
- Microrevestimento: definiu-se o critério de microrevestimento quando a seção apresentou de 10% a 25% da sua área superficial fissurada. O custo econômico deste critério foi de R\$ 9,66, e o custo financeiro R\$ 11,11.
- Reabilitação: definiu-se o critério de reabilitação quando a seção apresentou $4 \leq \text{IRI} \leq 6,8$ e 25% a 50% da sua área superficial fissurada. Para esta hipótese, foi proposta a fresagem de 4 cm do pavimento e a colocação de uma camada de 4 cm de CAUQ. O custo econômico deste critério foi de R\$ 28,74, e o custo financeiro R\$ 33,05.
- Reconstrução: definiu-se o critério de reabilitação quando a seção apresentou $\text{IRI} \geq 6,9$ e a sua área superficial fissurada maior que 50%. Para esta solução hipotética, foi proposto utilizar os mesmos materiais e espessuras do Modelo de Tavakoli, como mostra a Figura 3.7 . O custo econômico deste critério foi de R\$ 76,20 e o custo financeiro R\$ 87,63.
- Custo Financeiro: definiu-se para cada parâmetro 15% do valor do custo econômico da estratégia.
- Orçamento: foi delimitado em R\$ 28.330.000,00 valor muito próximo ao Modelo de Tavakoli, desta maneira possibilitando fazer um comparativo.

Observou-se entre todos os critérios que o mais custoso foi o de reconstrução, e o que teve o custo mais baixo foi o microrevestimento. Também é relevante ressaltar que não foi possível incluir no Modelo HDM-4 a estratégia “ação emergencial” do

Modelo de Tavakoli, pois não havia uma estratégia específica para esta situação, já que ela é contemplada pela reabilitação.

Após a definição dos parâmetros no banco de dados do município de Suzano no Modelo HDM-4 se obteve os resultados apresentados em ordem decrescente pelo índice de benefício/custo na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Relatório Final do Modelo HDM-4.

Seção	Nome	Classe da Via	Comp. (km)	VDM	Solução	Relação Benefício/Custo	Custo Financeiro (milhões)	Custos Acumulados (milhões)
25	2 Dr. Felício de Camargo	coletora	0,70	8190	Microrevestimento	27,59	0,07	1,20
68	Seian Hanashiro	local	0,10	9628	Microrevestimento	22,08	0,01	3,64
64	Rivaldo Venancio da Costa	local	0,10	18184	Microrevestimento	19,30	0,01	3,51
44	1 Marechal Deodoro	local	0,60	4611	Microrevestimento	18,53	0,08	0,59
56	2 Paulo Portela	arterial	0,30	10238	Microrevestimento	14,74	0,06	1,31
17	Benjamin Constant	coletora	2,00	4207	Microrevestimento	14,12	0,20	2,84
71	1 Washington Luis	local	0,10	6819	Microrevestimento	13,01	0,01	1,01
66	Rui Barbosa	coletora	0,40	9405	Microrevestimento	11,35	0,05	3,56
63	Regina Cabalau Mendonca	coletora	0,90	8337	Microrevestimento	10,31	0,09	3,50
27	2 Prudente de Moraes - ida	coletora	4,30	27205	Microrevestimento	7,94	0,40	1,00
58	2 Pedro Talarico	local	0,10	4546	Microrevestimento	7,11	0,01	1,32
77	2 Prudente de Moraes - volta	coletora	4,30	34657	Microrevestimento	6,73	0,40	1,72
24	Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	coletora	0,40	5455	Microrevestimento	6,71	0,05	2,29
40	Jurandir Correa Goncalves	local	0,10	4196	Microrevestimento	5,91	0,01	3,36
9	1 Alfredo Batista Pizzolato	local	0,60	4693	Microrevestimento	5,64	0,07	0,12
28	Eliziel Alves Costa	coletora	0,10	5455	Microrevestimento	5,54	0,01	2,98
36	Jacomio Braghiroli	local	0,10	3896	Microrevestimento	5,53	0,01	3,32
33	2 Francisco Quadra Castro	coletora	0,30	3798	Microrevestimento	5,19	0,04	1,24
4	9 de Julho	local	1,30	3135	Microrevestimento	4,40	0,16	1,93
41	Katsumi Yoshida	local	0,10	3636	Microrevestimento	4,20	0,01	3,37
5	Agenor da Cunha Pinto	local	0,10	3896	Microrevestimento	3,73	0,01	1,94
23	1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	local	0,30	3257	Microrevestimento	2,76	0,04	0,50
3	1 7 de setembro (trecho I)	coletora	0,40	3294	Microrevestimento	2,50	0,06	0,06
32	1 Francisco de Paula Souza Rosas	local	0,10	1948	Microrevestimento	2,38	0,01	0,51
49	Sara Cooper	local	0,50	3340	Microrevestimento	2,29	0,05	3,61
20	Carlos Ferreira de Aguiar	local	0,10	2994	Microrevestimento	2,19	0,01	2,97
78	2 7 de setembro (trecho II)	coletora	0,70	3393	Microrevestimento	2,15	0,10	1,11
72	2 Washington Luis	local	0,40	2871	Microrevestimento	2,07	0,05	1,77
38	2 Jose da Costa Conceicao	local	0,20	1653	Microrevestimento	1,99	0,01	1,25
69	Suzano	local	0,10	3636	Microrevestimento	1,79	0,01	3,65
12	1 Antonio Marques Figueira	arterial	2,30	10783	Microrevestimento	1,78	0,34	0,47
22	Deoclecio dos Santos	local	0,10	3409	Microrevestimento	1,77	0,01	2,97

Tabela 3.8 – Relatório Final do Modelo HDM-4 (continuação)

Seção	Nome	Classe da Via	Comp. (km)	VDM	Solução	Relação Benefício/Custo	Custo Financeiro (milhões)	Custos Acumulados (milhões)
10	2 Alfredo Rodrigues de Faria	Local	0,10	2727	Microrevestimento	1,51	0,01	1,12
47	Militao Ramos da Silva	Local	0,20	2597	Microrevestimento	1,39	0,02	3,41
16	Baruel	Coletora	2,20	9241	Microrevestimento	1,30	0,34	2,63
18	Brasílio Valente de Aguiar	Local	0,10	3209	Microrevestimento	1,23	0,01	2,85
57	1 Pedro Jose Papaiz	Local	0,10	2479	Microrevestimento	1,16	0,01	0,60
19	Campos Sales	Coletora	0,90	2160	Microrevestimento	1,04	0,11	2,96
34	General Francisco Glicério - pista simples	Coletora	3,10	1939	Microrevestimento	0,88	0,33	3,31
67	Sebastiao Luís	Local	0,20	1212	Microrevestimento	0,61	0,02	3,63
13	2 Antônio Rodrigues de Almeida	Local	0,10	3896	Microrevestimento	0,55	0,01	1,13
73	Armando Salles de Oliveira	Coletora	2,20	2673	Microrevestimento	0,43	0,31	2,25
39	Júlio Alberto Mathey	Local	0,30	1578	Microrevestimento	0,04	0,03	3,35

Um aspecto importante a ser extraído dos resultados apresentados na Tabela 3.8 é que o HDM-4 apresentou soluções de manutenção e reabilitação para apenas 43 seções de um total de 78 seções. Notou-se que todos os resultados apresentados para as seções são de microrevestimento. Isto aconteceu porque o orçamento estava limitado, e a opção de microrevestimento foi a que apresentou um custo mais baixo dentre todas as estratégias. Outro aspecto é que nem todas as vias aparecem listadas nos resultados do relatório final do HDM-4, porque as vias analisadas apresentaram um baixo volume de tráfego e uma baixa relação benefício/custo (próxima de zero), e nesta situação estas vias são descartadas automaticamente pelo modelo.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Com base na aplicação do Modelo de Tavakoli e do Modelo HDM-4 para o banco de dados do município de Suzano algumas análises se fizeram necessárias. A primeira análise diz respeito comparação entre os dois modelos de priorização. A aplicação dos modelos gerou uma ordem de priorização totalmente distinta, onde para cada seção analisada encontrou-se um índice de priorização diferente, como apresentado pela Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Classificação de prioridades dos modelos analisados.

Seção	Nome	Classificação Tavakoli	Classificação HDM-4
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	1 ^o	9
66	Rua Rui Barbosa	2 ^o	8
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	3 ^o	31
17	Rua Benjamin Constant	4 ^o	6
16	Rua Baruel	5 ^o	35
25	Rua 2 Dr. Felicio de Camargo	6 ^o	1
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	7 ^o	12
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	8 ^o	26
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	9 ^o	10
22	Rua Deoclecio dos Santos	10 ^o	
39	Rua Julio Alberto Mathey	11 ^o	
44	Rua 1 Marechal Deodoro	12 ^o	4
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	13 ^o	3
67	Rua Sebastiao Luis	14 ^o	40
18	Rua Brasilio Valente de Aguiar	15 ^o	36
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	16 ^o	15
14	Rua 1 Barao de Jaceguai	17 ^o	
53	Rua Nossa Senhora Aparecida	18 ^o	
30	Rua 2 Expedicionario Abilio Fernandes	19 ^o	

Tabela 4.1 – Classificação de prioridades dos modelos analisados.(continuação)

Seção	Nome	Classificação Tavakoli	Classificação HDM-4
73	Av. Armando Salles de Oliveira	20	42
4	Rua 9 de Julho	21	19
60	Rua Pres. Rodrigues Alves	22	
41	Rua Katsumi Yoshida	23	20
65	Rua Rodrigo Antonio	24	
26	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake	25	
70	Rua Takuo Habu	26	
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	27	41
69	Rua Suzano	28	30
1	Rua 15 de novembro	29	
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	30	29
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	31	24
72	Rua 2 Washington Luis	32	28
7	Rua Afonso Nicola Redondo	33	
76	Rua 1 Jose Correia Goncalves	34	
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	35	39
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	36	13
48	Rua Mirambava	37	
50	Rua Monsenhor Nuno	38	
11	Rua Almirante Gago Coutinho	39	
55	Rua 1 Paulo Moriyama	40	
74	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato	41	
3	Rua 1 7 de setembro (trecho I)	42	23
5	Rua Agenor da Cunha Pinto	43	
51	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar	44	
37	Rua Jamil D'aglia	45	
59	Rua Portugal Freixo	46	
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	47	39
15	Rua 2 Barao do Rio Branco	48	
71	Tr. 1 Washington Luis	49	7
19	Rua Campos Sales	50	38
28	Rua Eliziel Alves Costa	51	

Tabela 4.1 – Classificação de prioridades dos modelos analisados.(continuação)

Seção	Nome	Classificação Tavakoli	Classificação HDM-4
6	Rua Abdo Rachid	52	
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	53	27
2	Rua 27 de Outubro	54	
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	55	37
75	Rua Part. Sovis	56	
36	Rua Jacomo Braghiroli	57	17
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	58	14
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	59	18
56	Av. 2 Paulo Portela	60	5
8	Rua Agostinho Irente	61	
61	Rua 1 Presidente Getulio Vargas	62	
46	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio	63	
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	64	22
68	Rua Seian Hanashiro	65	2
31	Rua 3 Expedicionario Joao de Carvalho	66	
45	Rua 2 Marechal Rondon	67	
62	Rua 2 Presidente Nereu Ramos	68	
54	Rua Parana	69	
21	Rua Cassia Francisco	70	5
35	Tr. Guaio	71	
47	Rua Militao Ramos da Silva	72	34
52	Rua 2 Nelson Pacheco	73	
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	74	33
42	Rua Konoe Endo	75	
49	Rua Sara Cooper	76	25
29	Rua Bahia	77	
58	Rua 2 Pedro Talarico	78	11

Relembrando, que onde existem células vazias na Tabela 4.1 na coluna de classificação de prioridades do HDM-4 é devido as vias analisadas que apresentaram um baixo volume de tráfego e uma baixa relação benefício/custo (próxima de zero), e nesta situação estas vias foram descartadas pelo modelo. Portanto, fazendo uma nova

classificação e retirando as vias que foram descartadas pelo HDM-4 se obteve a Tabela 4.2.

Para uma melhor visualização, a Figura 4.1 mostra a comparação entre as classificações encontradas pelos modelos de priorização.

Tabela 4.2 – Nova classificação dos modelos analisados.

Seção	Nome	Classificação Tavakoli	Classificação HDM-4
63	Rua Regina Cabalau Mendonca	1°	9°
66	Rua Rui Barbosa	2°	8°
12	Av. 1 Antonio Marques Figueira	3°	31°
17	Rua Benjamin Constant	4°	6°
16	Rua Baruel	5°	35°
25	Rua 2 Dr. Felicio de Camargo	6°	1°
77	Rua 1 Prudente de Moraes - volta	7°	12°
20	Rua Carlos Ferreira de Aguiar	8°	26°
27	Rua 2 Prudente de Moraes - ida	9°	10°
44	Rua 1 Marechal Deodoro	12°	4°
64	Rua Rivaldo Venancio da Costa	13°	3°
67	Rua Sebastiao Luis	14°	40°
18	Rua Brasilio Valente de Aguiar	15°	36°
9	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato	16°	15°
73	Av. Armando Salles de Oliveira	20°	42°
4	Rua 9 de Julho	21°	19°
41	Rua Katsumi Yoshida	23°	20°
13	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida	27°	41°
69	Rua Suzano	28°	30°
38	Rua 2 Jose da Costa Conceicao	30°	29°
32	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas	31°	24°
72	Rua 2 Washington Luis	32°	28°
34	Rua General Francisco Glicerio - pista simples	35°	39°
24	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de Moraes	36°	13°
3	Rua 1 7 de setembro (trecho I)	42°	23°
43	Rua Manoel Moreira de Azevedo	47°	39°
71	Tr. 1 Washington Luis	49°	7°
19	Rua Campos Sales	50°	38°
78	Rua 2 7 de setembro (trecho II)	53°	27°
57	Rua 1 Pedro Jose Papaiz	55°	37°
36	Rua Jacomo Braghiroli	57°	17°
40	Rua Jurandir Correa Goncalves	58°	14°
33	Rua 2 Francisco Quadra Castro	59°	18°

Tabela 4.2 – Nova classificação dos modelos analisados.(continuação)

Seção	Nome	Classificação Tavakoli	Classificação HDM-4
56	Av. 2 Paulo Portela	60°	5°
23	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")	64°	22°
68	Rua Seian Hanashiro	65°	2°
21	Rua Cassia Francisco	70°	5°
47	Rua Militao Ramos da Silva	72°	34°
10	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria	74°	33°
49	Rua Sara Cooper	76°	25°
58	Rua 2 Pedro Talarico	78°	11°

Figura 4.1 – Classificação dos modelos de priorização.

Tomando por base a Figura 4.1 fica claro que os dois modelos de priorização apresentam resultados bem distintos. Analisando as seções foi possível observar que nenhuma das seções possui o mesmo índice de prioridade para os dois modelos.

Foi possível observar também que os dois modelos apresentaram a mesma solução para 7,6% das seções (52,10,42,49,29 e 58), sendo esta “não fazer nada”, o índice de prioridade no Modelo de Tavakoli é conhecido, pois está nas últimas classificações do *ranking* de prioridades, porém no HDM-4 é desconhecido por que estas vias foram descartadas pelo programa por apresentarem uma baixa relação benefício/custo.

Comparando o Modelo de Tavakoli ao HDM-4 se observa que as seções 9,27 e 38 ficam um ponto apenas abaixo na classificação das prioridades. Já a seção 17 apresentou 2 pontos acima do HDM-4 em relação ao Modelo de Tavakoli. As seções 41, 77 e 34 ficaram em uma classificação também próxima dos dois modelos, entre até ± 5 pontos. Fazendo uma avaliação estatística, nota-se que 9,7% das seções apresentaram resultados de priorização próximos aos dois modelos, já as demais seções tiveram uma discrepância grande nos resultados, como foi apresentado pela Figura 4.1.

Para que se pudesse efetuar uma análise mais sensível acerca dos resultados, foi necessário fazer uma comparação entre a classificação de cada modelo, o VDM, e o PCI para o Modelo de Tavakoli, ou o IRI para o HDM-4.

A primeira comparação apresentada é Modelo de Tavakoli, na Tabela 4.3 e nas Figuras 4.2 e 4.3. Na Figura 4.2 se observa que quanto menor a classificação da seção, menor o valor do PCI, ainda que com oscilações. Isto ocorre porque o Modelo de Tavakoli é um modelo fechado, ou seja, as estratégias de manutenção e reabilitação foram baseadas nos valores do PCI. O VDM também é um fator que influencia na classificação das seções, quanto maior for o VDM maior será a prioridade, como é representado pela Figura 4.3.

Tabela 4.3 – Comparação entre Classificação, PCI e VDM do Modelo de Tavakoli.

Classificação Modelo de Tavakoli	PCI	VDM
1°	7,23	6619
2°	19,08	6979
3°	24,53	6300
4°	32,52	5153
5°	32,55	6552
6°	35,66	28560
7°	20,03	4345
8°	37,89	22608
9°	17,93	2653
10°	20,05	3299
11°	23,14	2550
12°	24,03	3786

Tabela 4.3 – Comparação entre Classificação, PCI e VDM do Modelo de Tavakoli
(continuação).

Classificação Modelo de Tavakoli	PCI	VDM
13°	46,36	6720
14°	46,59	16800
15°	50,5	8400
18°	32,78	1906
19°	32,19	3747
20°	32,72	2965
25°	33,61	3360
26°	64,33	7560
28°	36,51	3600
30°	37,61	3360
32°	46	2653
33°	29,75	840
34°	89,99	8400
36°	32,74	840
38°	100	8605
39°	92,41	6300
40°	30,83	496
42°	65,06	2534
45°	67,19	3074
48°	49,35	840
49°	65,98	2291
51°	61,91	3366
54°	63,77	3877
56°	81,29	3360
59°	46,78	410
64°	87,62	3009
66°	94,24	2520
69°	100	2520
71°	100	3086
76°	87,91	840
78°	100	909

Figura 4.2 – Comparação entre a Classificação do Modelo de Tavakoli e o PCI.

Figura 4.3 – Comparação entre a Classificação do Modelo de Tavakoli e o VDM.

A segunda comparação foi realizada entre a Classificação do Modelo HDM-4, IRI e VDM, segundo a Tabela 4.4 e as Figuras 4.4 e 4.5. Na Figura 4.4 foi constatado que os valores de IRI não acompanham a classificação das seções, eles são aleatórios, isto porque o Modelo HDM-4 é um modelo aberto, e o IRI foi levado em consideração, mas em um peso muito menor que o PCI no Modelo de Tavakoli. A Figura 4.5 mostra que as seções prioritárias possuem um VDM maior que as outras, e a tendência é diminuir conforme a classificação, apesar da oscilação.

Tabela 4.4 – Comparação entre Classificação, IRI e VDM no Modelo HDM-4.

Classificação HDM-4	IRI	VDM
1°	7,60	4345
2°	5,80	2520
3°	10,44	16800
4°	10,21	3786
5°	3,31	8605
6°	6,37	5153
7°	8,28	6300
8°	8,54	6979
9°	8,45	6619
10°	4,34	22608
11°	7,11	909
12°	4,92	28560
13°	5,65	7560
14°	6,31	3877
15°	7,01	6720
16°	11,04	2534
17°	10,28	3366
18°	5,60	3360
19°	4,91	8400
20°	4,51	3360
21°	6,64	840
22°	5,99	3009
23°	5,21	8400
24°	5,23	840
25°	4,65	3086
26°	6,75	2653

Tabela 4.4 – Comparação entre Classificação, IRI e VDM no Modelo HDM-4.

Classificação HDM-4	IRI	VDM
27°	4,71	3074
28°	6,17	2653
29°	12,35	840
30°	8,49	3360
31°	6,26	6300
32°	12,15	3299
33°	6,03	2520
34°	5,14	840
35°	5,72	6552
36°	12,56	2965
37°	6,73	2291
38°	7,45	410
39°	5,51	496
40°	11,02	3747
41°	9,17	3600
42°	6,56	1906
43°	8,83	2550

Figura 4.4 – Comparação entre a Classificação da seção e IRI no Modelo HDM-4.

Figura 4.5 – Comparação entre a Classificação da seção e VDM no Modelo HDM-4.

5. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que os dois critérios estudados podem ser ferramentas úteis para os gerentes de vias urbanas, pois tanto o Modelo de Tavakoli quanto o Modelo do HDM-4 priorizaram as intervenções necessárias nas vias urbanas analisadas, porém cada um com seus aspectos positivos e negativos.

Confrontando os dois modelos foi possível concluir que apenas 9,7% das seções possuem classificações de prioridades próximas, ou seja com uma variação de ± 5 pontos, já o restante dos resultados apresentou grande discrepância.

Foi possível verificar que o Modelo de Tavakoli se revelou mais conservador, um critério fechado, com estratégias de manutenção e reabilitação baseadas nos valores do PCI, e com um índice de prioridades dependendo diretamente do PCI e do VDM, afetando diretamente a classificação das seções. No Modelo de Tavakoli, foi constatado que quanto mais deteriorado estava o pavimento, maior a sua prioridade de manutenção. O VDM se mostrou crescente para as classificações de prioridades mais altas das vias, porém com algumas oscilações.

Apesar de o Modelo do HDM-4 ser um modelo de critérios abertos, deixou a desejar quando priorizou apenas 55% das seções, restringindo o orçamento em R\$ 3,6 milhões, e adotando apenas uma estratégia de manutenção e reabilitação, ou seja, com o menor custo entre todas as apresentadas, fazer um microrevestimento em todas as seções prioritárias.

Verificou-se também que no Modelo HDM-4 a classificação das seções e os valores de IRI não tiveram uma sincronia, pois o HDM-4 é um modelo de critérios abertos, que permite ao usuário acrescentar vários parâmetros ao modelo. Os parâmetros que foram utilizados neste trabalho foram, número de buracos por quilometro, porcentagem da superfície de área fissurada, e IRI.

Na prática, a aplicação dos dois modelos é viável, porém o Modelo de Tavakoli se mostra com uma aplicabilidade mais fácil para cidades de pequeno e médio porte, pois nos dias de hoje ainda é difícil convencer administradores públicos a contratarem

um serviço de perfilômetro à laser, pois é um serviço com custos financeiros elevados, enquanto um levantamento realizado por uma equipe treinada apresenta um custo muito menor, por outro lado a determinação do PCI não se trata de um procedimento trivial.

Fazendo uma avaliação econômica, o índice que melhor representa a degradação do pavimento é o IRI, pois a serventia fornecida pelo pavimento é expressa pela sua irregularidade longitudinal, que consequentemente afeta os custos operacionais dos veículos.

Outro fator positivo do Modelo de Tavakoli foi que ele priorizou 100% das seções, enquanto o HDM-4 restringiu-se a apenas a soluções com valor econômicos mais baixos e limitando-se a priorizar apenas 55% das seções.

Uma desvantagem do modelo de Tavakoli é a relativa demora da coleta de dados em campo e o processamento destes dados em um banco de dados, ressalta-se que e para o cálculo do PCI, é necessário ter pessoas treinadas para esta atividade, e após é necessário calcular o PCI de cada seção, para assim calcular o índice de prioridade de cada seção.

Situação como esta que ocorreu no Município de Suzano, em que a Prefeitura contratou uma empresa com perfilômetro à *laser* para fazer um levantamento dos dados do pavimento, nos dias de hoje ainda é muito difícil ocorrer, principalmente em cidades do interior do Brasil, devido às dificuldades financeiras dos órgãos públicos, e também por que em muitos destes lugares as pessoas que gerenciam as vias urbanas não possuem conhecimento técnico suficiente. Nestas condições, um modelo mais simples que o HDM-4 que também auxilia, prioriza e não exige a aplicação de equipamentos pode ser aplicado vantajosamente.

6. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Recomenda-se que os seguintes tópicos sejam desenvolvidos em estudos futuros:

- Definir novos intervalos de PCI para as estratégias de M&R no Modelo de Tavakoli, através da aplicação de uma metodologia científica, para assim obter novos índices de prioridades e intervenções mais realísticos.
- Aplicar o Modelo de Tavakoli em outros tipos de pavimentos, tais como concreto, composto, paralelepípedo e cascalhado, e comparar com outros métodos.
- Analisar quando devem ser aplicadas as estratégias de M&R do Modelo de Tavakoli visando manter a rede em condições tais que assegurem aos usuários o máximo conforto e segurança.

Referências Bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Guide for Design of Pavement Structures**. AASHTO. Estados Unidos, 1993.

BARELLA, R. M. **Contribuição para a Avaliação da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos com Perfilômetros Inerciais**. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.

BODI, J. ; BALBO, J. T. **Modelos para priorização de serviços de manutenção de pavimentos urbanos**. 31^a Reunião Anual de Pavimentação, Vol. 2, pp.793-814. São Paulo, 1998.

CAFISO, S.; GRAZIANO, A.; KERALI, H.R, AND ODOKI, J.B. Multicriteria Analysis Method for Pavement Maintenance Management. **Transportation Research Record N. 1816**. Washington, 2002.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Guia de Gerência de Pavimentos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 1983.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Programa de Manutenção para o Pavimento da BR-116/SP, 8º Distrito Rodoviário Federal, Trecho Divisa RJ/SP, Subtrecho km 0-236,1; Relatório Final (12/93)**. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Medição da Irregularidade de Superfície de Pavimento com Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter**. DNER-PRO 182/94. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva** – DNIT. 062/2004. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **Manual de Gerência de Pavimentos**. – IPR. 745/2011. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2011.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Estudo, Diagnóstico, Dimensionamento de Recursos e Priorização de Atividades de Recapeamento e de Implantação de Novos Pavimentos em Vias Urbanas e Rurais da Prefeitura do Município de Suzano para Fins de Pleito de Financiamento de Recursos Junto a Órgãos Federais e Estaduais** - Laboratório de Mecânica de Pavimentos, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2007.

FONTENELE, H. **Estudo para Adaptação de um Método de Classificação de Estradas não Pavimentadas às Condições do Município de São Carlos/SP**. Dissertação (mestrado). São Carlos, 2001.

GAO, B. **GIS-Enabled Multi-Year Pavement Rehabilitation Needs Analysis System**. Thesis (Doctor of Philosophy in Civil Engineering). Geórgia Institute of Technology, 2004.

GRIVAS, D. A. SCHULTZ, B. C. Condition-Based Treatment Recommendation for Project-level Pavement Management. N.1397. **Transportation Research Board**. Washington, pp. 25-33. 1993.

GRIVAS, D. A. SCHULTZ, B. C. Integration of Pavement and Bridge Management Systems: A Case Study. 3rd International Conference on Managing Pavements, **Transportation Research Board**, pp. 22-28. Washington, 1994.

HAAS, R. HUDSON, W. R. ZANIEWSKI J. **Modern Pavement Management**. USA, Krieger Publishing Company, 1994.

HUDSON W.R., HAAS R. **Pavement Management System**. McGraw-Hill Book Company, 1978.

HUDSON W. R., HAAS R. AND UDDIN W. **Infrastructure Management**. McGraw Hill, New York, 1997.

KERALI, H.G.D. MCMULLEN; ODOKI, J.B. **Applications Guide - Volume 2 of Highway Development and Management Series**. International Study of Highway Development and Management (ISOHDM), World Road Association PIARC, Paris, 2000.

LIMA, J. P. FERNANDES, J. L.J. et. al **Processo Hierárquico Analítico Na Gestão Da Conservação De Vias Urbanas Pavimentadas**. XXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

MARCON, A. F. **Notas de Aula da Disciplina Gerência e Avaliação de Pavimentos** Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

NISHIYAMA, E. S; DOMINGUES, F. A. A. **Atualização de Custos e Benefícios, para Uso em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. 6ª Reunião de Pavimentação Urbana, pp. 390-406. Santos – São Paulo, 1995.

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE). **Systemes de Gestion des Chaussées**. Paris, 1987.

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (ICAO) **Manual-Guía de Administración del Mantenimiento de la Infraestructura Aeropotuaria**. Edición preliminar. Lima, Peru, 1997.

SAYERS, M. W. *et al.* **Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements**. World Bank Technical Paper Number 46. WTP-46. Washington, 1986b.

SHAIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. Chapman & Hall. New York, USA, 1994.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. 2nd Edition. Chapman & Hall, New York, USA, 2005.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M.S.; FIGUEROA, J.L. PMSC: Pavement Management System for Small Communities, **Journal of Transportation Engineering**, Vol. 118, N° 2, pp.270-280, Cleveland, Ohio, 1992.

UNITED STATE ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. **Pavement Condition Surveys**. – USACE TM 5-826-6. Washington, 1989.

UNITED STATE ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. **Pavement Maintenance Management**.– USACE TM 5-623. Washington, 1989.

VILLELA, A. R. A. **Análise da Base de Banco de Dados de um Grupo de Rodovias para Aplicação em Projetos de Reabilitação** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

ANEXO

(Banco de dados das vias analisadas)

Tabelas 1 a 4

Tabela 01– Identificação das Seções.

Código da Seção	Zona	Nome do Bairro	Nome da Rua
1	A	Centro - Jardim Guaió	Rua 15 de novembro
2	A	Centro - Vila Suely	Rua 27 de Outubro
3	A	Centro / Parque Suzano	Rua 17 de setembro (trecho I)
4	A	Centro - Jardim Santa Helena	Rua 9 de Julho
5	A	Centro - Vila IV Centenario	Rua Agenor da Cunha Pinto
6	A	Centro - Vila IV Centenario	Rua Abdo Rachid
7	A	Vila Figueira	Rua Afonso Nicola Redondo
8	A	Vila Figueira	Rua Agostinho Irente
9	A	Vila Figueira	Rua 1 Alfredo Batista Pizzolato
10	A	Vila Costa	Rua 2 Alfredo Rodrigues de Faria
11	A	Jardim Santa Helena	Rua Almirante Gago Coutinho
12	A	Vila Figueira	Avenida 1 Antonio Marques Figueira
13	A	Vila Figueira	Rua 2 Antonio Rodrigues de Almeida
14	A	Centro	Rua 1 Barao de Jaceguai
15	A	Vila Costa	Rua 2 Barao do Rio Branco
16	A	Vila Costa - Vila Figueira	Rua Baruel
17	A	Centro	Rua Benjamin Constant
18	A	Vila Figueira	Rua Brasílio Valente de Aguiar
19	A	Centro	Rua Campos Sales
20	A	Vila Sol Nascente	Rua Carlos Ferreira de Aguiar
21	A	Sítio Sao Jose - Vila Santa Maria	Rua Cassia Francisco
22	A	Vila Figueira	Rua Deoclecio dos Santos
23	A	Vila Costa	Rua 1 Dr. Deodato Wertheimer ("5")
24	A	Jardim Santa Helena	Rua Augusta Aparecida de Carvalho de
25	A	Centro	Rua 2 Dr. Felicio de Camargo
26	A	Jardim Sao Jorge	Rua 3 Dr. Kiyoshi Takabatake
27	A	Centro / Vila Amorim / Vila Monte	Rua 2 Prudente de Moraes - ida
28	A	Centro / Conjunto Residencial Iraí	Rua Eliziel Alves Costa
29	A	Jardim Paulista	Rua Bahia
30	A	Vila Paiva	Rua 2 Expedicionario Abílio Fernandes
31	A	Jardim Santa Helena	Rua 3 Expedicionario Joao de Carvalho
32	A	Vila Figueira	Rua 1 Francisco de Paula Souza Rosas
33	A	Jardim Sao Jorge	Rua 2 Francisco Quadra Castro
34	A	Centro / Jardim Japao	Rua General Francisco Glicerio - pista simples
35	A	Centro	Travessa Guaio
36	A	Centro - Vila IV Centenario	Rua Jacomo Braghiroli
37	A	Centro - Vila Suely	Rua Jamil D'aglia
38	A	Jardim Gardenia Azul / Vila Costa	Rua 2 Jose da Costa Conceicao
39	A	Vila Figueira	Rua Julio Alberto Mathey

Tabela 01 – Identificação das Seções (continuação)

Código da Seção	Zona	Nome do Bairro	Nome da Rua
40	A	Sítio Sao Jose	Rua Jurandir Correa Goncalves
41	A	Jardim Sao Jorge	Rua Katsumi Yoshida
42	A	Vila Bela Vista - Jardim Japao	Rua Konoe Endo
43	A	Centro	Rua Manoel Moreira de Azevedo
44	A	Centro	Rua 1 Marechal Deodoro
45	A	Jardim Santa Helena	Rua 2 Marechal Rondon
46	A	Vila Sol Nascente	Rua Maria Edvan de Oliveira Ignacio
47	A	Vila Bela Vista	Rua Militao Ramos da Silva
48	A	Centro	Rua Mirambava
49	A	Jardim Santa Helena	Rua Sara Cooper
50	A	Centro	Rua Monsenhor Nuno
51	A	Vila Sol Nascente	Rua 1 Nelson Balente de Aguiar
52	A	Centro - Vila Morrone	Rua 2 Nelson Pacheco
53	A	Vila Costa	Rua Nossa Senhora Aparecida
54	A	Jardim Paulista	Rua Parana
55	A	Vila Figueira	Rua 1 Paulo Moriyama
56	A	Jardim Paulista	Avenida 2 Paulo Portela
57	A	Jardim Santa Helena	Rua 1 Pedro Jose Papaiz
58	A	Jardim Sao Jorge	Rua 2 Pedro Talarico
59	A	Centro	Rua Portugal Freixo
60	A	Centro - Vila IV Centenario	Rua Pres. Rodrigues Alves
61	A	Jardim Santa Helena	Rua 1 Presidente Getulio Vargas
62	A	Jardim Santa Helena	Rua 2 Presidente Nereu Ramos
63	A	Jardim Sao Luiz	Rua Regina Cabalau Mendonca
64	A	Vila Figueira	Rua Rivaldo Venancio da Costa
65	A	Vila Figueira	Rua Rodrigo Antonio
66	A	Vila Costa	Rua Rui Barbosa
67	A	Centro	Rua Sebastiao Luis
68	A	Vila Figueira	Rua Seian Hanashiro
69	A	Vila Figueira	Rua Suzano
70	A	Vila Figueira	Rua Takuo Habu
71	A	Vila Costa	Travessa 1 Washington Luis
72	A	Vila Costa	Rua 2 Washington Luis
73	A	Centro	Avenida Armando Salles de Oliveira
74	A	Centro - Vila Suely	Rua 1 Expedicionario Cabo Katsuo Miyasato
75	A	Vila Morrone	Rua Part. Sovis
76	A	Jardim Sao Jorge	Rua 1 Jose Correia Goncalves
77	A	Centro / Vila Amorim / Vila Monte	Rua 1 Prudente de Moraes - volta
78	A	Centro	Rua 2 7 de setembro (trecho II)

Tabela 02– Informações gerais do pavimento.

Código da Seção	Medidas (m)		Revestimento	Pista	Faixas por pista	VDM
	Largura	Comprimento				
1	15,44	423,29	Asfalto	1	4	3916
2	11,80	424,03	Asfalto	1	3	4502
3	16,66	1180,54	Asfalto	1	2	8400
4	15,01	1341,76	Asfalto	1	2	8400
5	11,01	74,61	Asfalto	1	2	840
6	13,60	93,79	Asfalto	1	3	2520
7	12,36	245,12	Asfalto	1	3	3055
8	16,87	199,26	Asfalto	1	4	2653
9	13,18	620,49	Asfalto	1	3	6720
10	8,81	99,96	Asfalto	1	2	2520
11	14,30	254,80	Asfalto	1	3	1327
12	16,99	2333,74	Asfalto	1	2	6300
13	11,21	64,56	Asfalto	1	3	3600
14	14,37	737,44	Asfalto	1	4	1056
15	15,91	409,10	Asfalto	1	2	871
16	18,00	2800,59	Asfalto	1	2	6552
17	14,15	2190,22	Asfalto	1	4	5153
18	12,84	100,35	Asfalto	1	2	2965
19	14,21	952,32	Asfalto	1	4	410
20	11,94	96,86	Asfalto	1	2	2653
21	10,82	770,03	Asfalto	1	2	606
22	11,68	99,72	Asfalto	1	3	3299
23	14,23	487,34	Asfalto	1	2	3009
24	13,94	420,30	Asfalto	1	2	7560
25	12,38	453,32	Asfalto	1	4	4345
26	8,94	64,92	Asfalto	1	2	3360
27	21,35	4589,27	Asfalto	1	3	22608
28	11,73	812,65	Asfalto	1	3	2534
29	14,61	82,47	Asfalto	1	2	840
30	15,54	336,13	Asfalto	1	3	12713
31	15,00	305,18	Asfalto	1	2	1096
32	11,83	162,92	Asfalto	1	2	840
33	14,78	246,80	Asfalto	1	2	3360
34	13,24	2954,63	Asfalto	1	4	496
35	7,00	428,03	Asfalto	1	2	840
36	7,84	98,83	Asfalto	1	2	3366
37	7,57	311,50	Asfalto	1	2	986

Tabela 02 – Informações gerais do pavimento (continuação).

Código da Seção	Medidas (m)		Revestimento	Pista	Faixas por pista	VDM
38	6,88	168,17	Asfalto	1	1	840
39	13,14	250,33	Asfalto	1	2	2550
40	10,77	64,91	Asfalto	1	2	3877
41	8,83	77,06	Asfalto	1	2	3360
42	17,73	441,41	Asfalto	1	2	3090
43	6,10	311,69	Asfalto	1	1	840
44	15,33	527,76	Asfalto	1	4	3786
45	14,19	255,63	Asfalto	1	2	1181
46	13,14	162,72	Asfalto	1	2	1680
47	12,25	175,12	Asfalto	1	2	840
48	8,94	691,12	Asfalto	1	2	840
49	13,37	419,28	Asfalto	1	2	3086
50	11,75	1047,94	Asfalto	1	3	5040
51	12,48	194,33	Asfalto	1	3	1680
52	13,62	82,77	Asfalto	1	2	2291
53	9,00	680,32	Asfalto	1	3	840
54	12,18	259,16	Asfalto	1	2	989
55	9,18	311,28	Asfalto	1	2	917
56	18,93	309,21	Asfalto	1	3	8605
57	9,17	132,73	Asfalto	1	2	2291
58	9,72	74,64	Asfalto	1	2	909
59	11,28	424,76	Asfalto	1	3	567
60	15,32	213,93	Asfalto	1	2	1293
61	15,52	418,05	Asfalto	1	2	1096
62	13,39	418,31	Asfalto	1	2	554
63	12,62	262,54	Asfalto	1	2	6619
64	11,65	148,27	Asfalto	1	2	16800
65	11,80	523,71	Asfalto	1	2	4785
66	14,94	456,86	Asfalto	1	2	6979
67	11,88	206,12	Asfalto	1	2	3747
68	11,13	99,60	Asfalto	1	2	2520
69	11,62	100,75	Asfalto	1	2	3360

Tabela 02 – Informações gerais do pavimento (continuação).

Código da Seção	Medidas (m)		Revestimento	Pista	Faixas por pista	VDM
70	11,81	227,34	Asfalto	1	2	1200
71	8,88	79,44	Asfalto	1	2	6300
72	16,26	446,97	Asfalto	1	2	2653
73	16,35	2264,94	Asfalto	1	4	1906
74	10,29	219,98	Asfalto	1	3	934
75	12,92	95,28	Asfalto	1	4	2520
76	9,98	194,78	Asfalto	1	2	1924
77	21,35	4589,27	Asfalto	1	2	28560
78	16,66	1180,54	Asfalto	1	2	3074
70	11,81	227,34	Asfalto	1	2	1200
71	8,88	79,44	Asfalto	1	2	6300
72	16,26	446,97	Asfalto	1	2	2653
73	16,35	2264,94	Asfalto	1	4	1906
74	10,29	219,98	Asfalto	1	3	934
75	12,92	95,28	Asfalto	1	4	2520
76	9,98	194,78	Asfalto	1	2	1924
77	21,35	4589,27	Asfalto	2	2	28560
78	16,66	1180,54	Asfalto	2	2	3074

Tabela 03 – Avaliação objetiva do pavimento.

Código da Seção	Área com fissuras (%)	Área com afundamentos e ondulações (%)	Número total de buracos	Número total de remendos
1	10	10	6	6
2	5	5	0	25
3	5	0	1	9
4	10	10	5	30
5	25	10	0	0
6	0	5	0	0
7	25	5	0	11
8	5	0	1	4
9	25	25	2	33
10	0	0	0	1
11	10	5	2	4
12	50	25	26	109
13	50	25	0	6
14	50	50	6	46

Tabela 03 – Avaliação objetiva do pavimento (continuação).

Código da Seção	Área com fissuras (%)	Área com afundamentos e ondulações (%)	Número total de buracos	Número total de remendos
15	10	10	2	33
16	25	50	14	57
17	50	25	6	81
18	50	10	1	13
19	25	25	3	54
20	50	5	6	6
21	0	0	4	2
22	50	10	3	12
23	0	0	1	15
24	0	5	1	15
25	50	50	7	39
26	25	5	1	4
27	25	25	29	64
28	5	5	0	10
29	0	0	0	0
30	5	5	2	10
31	5	0	2	3
32	50	5	3	11
33	0	0	1	10
34	50	25	24	151
35	0	0	0	23
36	10	5	0	8
37	0	5	1	28
38	10	50	1	19
39	50	50	3	18
40	5	5	0	2
41	50	25	0	1
42	0	0	0	1
43	25	5	1	18
44	25	25	9	19
45	0	0	1	7
46	25	5	0	12
47	5	0	0	12
48	5	50	2	16
49	0	0	0	2
50	10	5	1	41
51	10	5	0	5
52	0	0	0	0

Tabela 03 – Avaliação objetiva do pavimento (continuação).

Código da Seção	Área com fissuras (%)	Área com afundamentos e ondulações (%)	Número total de buracos	Número total de remendos
53	50	10	11	43
54	0	0	1	10
55	25	5	2	27
56	0	0	0	0
57	0	5	0	0
58	0	0	0	1
59	10	5	1	42
60	50	10	2	9
61	10	5	1	3
62	5	5	0	19
63	50	50	16	28
64	10	25	0	17
65	50	25	0	9
66	50	50	6	13
67	0	5	5	10
68	0	0	0	5
69	50	10	2	11
70	50	10	2	13
71	0	0	0	5
72	25	25	2	23
73	50	25	8	45
74	25	10	2	10
75	0	0	1	5
76	10	25	0	14
77	25	25	41	43
78	5	5	1	12

Tabela 04 –Irregularidade do pavimento.

Código da Seção	IRI médio
1	3,99
2	8,53
3	5,21
4	4,91
5	6,64
6	6,57
7	7,82
8	6,05
9	7,01
10	6,03
11	5,29
12	6,26
13	9,17
14	6,33
15	5,25
16	5,72
17	6,37
18	12,56
19	7,45
20	6,75
21	5,42
22	12,15
23	5,99
24	5,65
25	7,60
26	6,16
27	4,34
28	11,04
29	3,45
30	6,64
31	4,95
32	5,23

Tabela 04 – Irregularidade do pavimento (continuação).

Código da Seção	IRI médio
33	5,60
34	5,51
35	7,21
36	10,28
37	8,21
38	12,35
39	8,83
40	6,31
41	4,51
42	4,74
43	7,66
44	10,21
45	5,25
46	6,69
47	5,14
48	8,87
49	4,65
50	5,81
51	6,31
52	4,31
53	11,64
54	5,61
55	9,34
56	3,31
57	6,73
58	7,11
59	8,25
60	5,65
61	4,76
62	6,56
63	8,45
64	10,44
65	10,33
66	8,54
67	11,02
68	5,80

Tabela 04 – Irregularidade do pavimento (continuação).

Código da Seção	IRI médio
69	8,49
70	8,52
71	8,28
72	6,17
73	6,56
74	7,69
75	6,64
76	7,61
77	4,92
78	4,71
69	8,49
70	8,52
71	8,28
72	6,17
73	6,56
74	7,69
75	6,64
76	7,61
77	4,92
78	4,71

APÊNDICE

(Custos das estratégias de M&R)

A. Manutenção de Rotina

Serviço de tapa-buracos.

Tamanho adotado para cada buraco = $0,5\text{m} \times 0,5\text{ m} \times 0,1\text{m} = 0,025\text{m}^3$

$0,25\text{m}^2 \times \text{número de buracos da seção} \times \text{R\$/m}^2 \text{ da manutenção de rotina}$

B. Manutenção Preventiva

Serviço de tapa-buracos

Serviço de microrevestimento

Tamanho adotado para cada buraco = $0,5\text{m} \times 0,5\text{ m} \times 0,1\text{m} = 0,025\text{m}^3$

$0,25\text{m}^2 \times \text{número de buracos da seção} \times \text{R\$/m}^2 \text{ da manutenção de rotina}$

$\text{Microrevestimento} = \text{área da seção} \times \text{R\$/m}^2 \text{ da manutenção preventiva}$

D. Reabilitação

$\text{Reabilitação} = \text{área da seção} \times \text{R\$/m}^2 \text{ da reabilitação}$

E. Reconstrução

$\text{Reconstrução} = \text{área da seção} \times \text{R\$/m}^2 \text{ da reconstrução}$

VITA

Virgínia Esther Gueller Becker, natural de Passo Fundo (04.09.1985), Rio Grande do Sul, é engenheira civil (2008) pela Universidade de Passo Fundo.

Iniciou seu programa de mestrado em 2009 sob orientação do Prof. Dr. José Tadeu Balbo, contando com a colaboração do Laboratório de Mecânica de Pavimentos e da Prefeitura de Suzano, que gentilmente cederam os dados coletados no município de Suzano para a aplicação nos Modelos de Tavakoli e HDM-4.

Entre 2006 e 2008 participou do projeto de pesquisa “Contribuições para implantação de programa de conservação e reúso de água em aeroportos de pequeno porte”, como bolsista do CNPq, pela Universidade de Passo Fundo, onde foram publicados trabalhos em eventos.

Atualmente atua como engenheira de planejamento e contratos no Aeroporto internacional de São Paulo/Guarulhos - Governado André Franco Montoro, em Guarulhos (SP).