

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**Estudo de um Sistema de Gerência de Pavimentos
para Cidades de Pequeno e Médio Porte**

Autora: Patrícia Bolsonaro Causim

**Campinas, S.P.
2001**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

Estudo de um Sistema de Gerência de Pavimentos para Cidades de Pequeno e Médio Porte

Autora: Patrícia Bolsonaro Causim

Orientador: Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese.	
	27/09/01
Prof. Dr.	<i>Comolano</i>
Matrícula:	24568-2

**Campinas, S.P.
2001**

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	TUNICAMP C312e
V	
TOMBO BC	48504
PROC.	16-83710e
C	<input type="checkbox"/>
P	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	
Nº CPD	

CM00166483-0

318 ID 237931

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C312e	<p>Causim, Patrícia Bolsonaro</p> <p>Estudo de um sistema de gerência de pavimentos para cidades de pequeno e médio porte / Patrícia Bolsonaro Causim. --Campinas, SP: [s.n.], 2001.</p> <p>Orientador: Cássio Eduardo Lima de Paiva. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.</p> <p>1. Pavimentos de asfalto – Manutenção e reparos. 2. Pavimentos – Defeitos. I. Paiva, Cássio Eduardo Lima de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.</p>
-------	---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

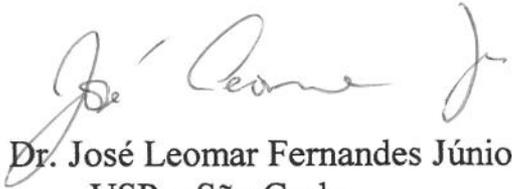
Estudo de um Sistema de Gerência de Pavimentos para Cidades de Pequeno e Médio Porte

Autora: Patrícia Bolsonaro Causim

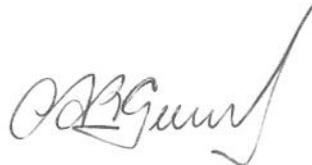
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva
Presidente e Orientador / Unicamp



Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior
USP – São Carlos



Prof. Dr. Carlos Alberto Bandeira Guimarães
UNICAMP

Campinas, 09 de agosto de 2001

DEDICATÓRIA

A Deus, a meu filho Guilherme que está a caminho, a meu marido Sandro e aos meus familiares, que estão sempre a meu lado.

AGRADECIMENTOS

- A meu Orientador Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva por ter acreditado em minha capacidade e confiado a sua orientação neste trabalho;
- Aos técnicos do laboratório de solos, Meyer, Cipriano, Edson, Reinaldo e Cleide, pela ajuda indispensável nos levantamentos que foram realizados;
- Ao prefeito do campus, Prof. Dr. Orlando Fontes de Lima Júnior, que sempre se disponibilizou na ajuda necessária;
- Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Bandeira Guimarães, pela orientação nos programas de computador;
- Ao prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior, pela paciência e atenção no auxílio com o programa URMS;
- Aos funcionários da prefeitura do campus, que me auxiliaram na obtenção das informações e na interrupção do tráfego quando feito o levantamento;
- A meu irmão Nelson e à minha cunhada Sofia, pela acolhida em todos os dias que estive em Campinas;
- A todos os que não acreditaram em mim, porque por eles também é que estou aqui.

Um dia você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.

(William Shakespeare)

ÍNDICE

	Página
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	xi
Notação e Nomenclatura	xiii
Resumo	xvi
Abstract	xvii
1 Introdução	1
2 Objetivos	5
3 Sistemas de gerência de pavimentos (SGP)	7
3.1 Estudo dos sistemas de gerência de pavimentos	7
4 Sistemas de gerência de pavimentos para cidades de pequeno e médio porte	13
4.1 Proposição de um sistema de gerência de pavimentos simplificado	13
4.2 O projeto piloto e o levantamento dos dados	18
5 Avaliação dos pavimentos	25
5.1 Considerações importantes	25
5.2 Equipamentos de avaliação	27
5.3 Avaliações visuais e superficiais	31
5.3.1 Os métodos de gerência de vias urbanas analisados	36
5.3.1.1 SAR (Secretaria de Administração Regional)	36

5.3.1.2 Método URMS (Urban Roadway Management System)	40
5.3.2 Análise corporativa dos métodos estudados	42
6 Defeitos superficiais em pavimentos flexíveis	45
6.1 Introdução	45
6.2 Identificação dos defeitos	47
7 Manutenção e reabilitação	51
7.1 Introdução	51
7.2 Atividades de manutenção e reabilitação	54
8 Aplicação do sistema de gerência de pavimentos proposto	56
8.1 Informações coletadas no campus	56
8.2 Avaliação objetiva	58
8.3 A bacia de deformação	60
8.4 Avaliação do experimento executado	63
8.5 Planilha preenchida	74
8.6 Dificuldades encontradas	79
9 Conclusões e sugestões para futuros trabalhos	80
10 Referências bibliográficas	83
APÊNDICES	
I – Fotos do levantamento com a viga Benkelman	86
II - Bacia de deformação	90
ANEXOS	
I – Defeitos, causas e níveis de severidade	108
II – Defeitos, características, níveis de severidade e como medir	115
III – Defeitos, causas dos defeitos e atividades de M & R	120

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
4.1 – Questionário feito às prefeituras no interior do Estado	14
4.2 – Protocolo mínimo do sistema proposto	15
4.3 – Resumo de entrevistas feitas às prefeituras no interior do estado de São Paulo	17
4.4 – Planilha de levantamento de dados	22
5.1 – Classificação dos defeitos	38
5.2 – Severidade dos defeitos	38
5.3 – Relação entre extensão e severidade dos defeitos	38
5.4 – Fatores de ponderação	38
5.5 – Índice de serventia urbano	39
5.6 – Relação entre índice de serventia urbano e conceito de conforto	39
5.7 – Soluções típicas de manutenção, em função do conceito de conforto para via arterial e coletora	40
5.8 - Soluções típicas de manutenção, em função do conceito de conforto para via residencial ou local	40
5.9 – ICP segundo HUDSON & CHEN	42
5.10 - Comparação dos métodos (para via arterial e coletora)	43
5.11 - Comparação dos métodos (para via residencial e local)	43
6.1 – Conceito de IGG	50
8.1 - Constituição do pavimento tipo III-CA do campus da UNICAMP	63

8.2 - Defeitos encontrados no campus da UNICAMP	64
8.3 – Resultados obtidos no levantamento com a viga Benkelman	66
8.4 – Segmentos críticos das ruas estudadas	71
8.5 – IGG obtido nas ruas estudadas conforme norma DNER-PRO 08-78	72
8.6 – Conceitos de ISU	72
8.7 – Conceitos de ICP	73
8.8 – Resultados obtidos com o programa ELSYM-5	73
8.9 – Banco de dados	74

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
3.1 – Sistema de gerência de pavimentos	8
3.2 - Sistema de gerência de pavimentos segundo DNER	10
3.3 - Processo de gerência de pavimentos segundo Shahin	11
5.1 – Pascoroadrecon: sistema característico de equipamento fotográfico automático e sensores laser	28
5.2 – Ilustração esquemática dos princípios do GERPHO: sistema automático fotográfico	28
5.3 – Ilustração esquemática dos vários componentes do Analyser Road Automatic (ARAN)	29
5.4 – Ilustração esquemática dos vários componentes do Laser Road Surface Tester (RST)	30
5.5 – Diagrama esquemático da Viga Benkelman, com dimensões	31
5.6 – planilha de avaliação da condição do pavimento	34
5.7 – Taxa de condição como um indicador geral do tipo de manutenção	34
5.8 - Formulário para levantamento dos defeitos	35
5.9 – Relação entre ISU e ICP	42
8.1 - Esquema adotado para as coordenadas	58
8.2 – Raio de curvatura Rua Saturnino de Brito	68
8.3 – Produto RxD Rua Saturnino de Brito	68

8.4 - Raio de curvatura Avenida Albert Einstein	69
8.5 - Produto RxD Avenida Albert Einstein	69
8.6 - Raio de curvatura Avenida Bertrand Russell	70
8.7 - Produto RxD Avenida Bertrand Russell	70

NOTAÇÃO E NOMENCLATURA

- A – Dimensão da viga Benkelman
- ABE - Albert Einstein
- adt - Avenida André Tosello
- ALC – Afundamentos de consolidação locais
- ALP – Afundamentos plásticos locais
- ARAN – Automatic Road Analyzer
- ATC – afundamentos de consolidação trilhas de roda
- ATP – Afundamentos plásticos trilhas de roda
- B - Dimensão da viga Benkelman
- BTR - Bertrand Russel
- C – Condição do Pavimento
- chd - Charles Darwin
- cla- Cláudio Abramo

- clg - Carlos Gomes
- Cp – Condição de painelas
- CRC – Cora Coralina
- Cr – Condição
- Ct – Condição de trincamento
- cvl - Carl Von Linnaeus
- D – Deformação
- D – Desgaste

- D0 – Deflexão real ou verdadeira
- D20 – Deflexão a 20 cm do corpo de prova
- D25 – Deflexão a 25 cm do ponto de prova
- Di – Diferença entre duas deformações $z_x - z_{xant}$, ou seja, $D_i = z_x - z_{xant}$
- Dij – Porcentagem em área do defeito i, severidade j
- DNER – Departamento de Estradas e Rodagem
- E – Defeito
- E – Escorregamento do revestimento betuminoso
- Elr – Elis Regina
- erv - Avenida Érico Veríssimo
- Ex – Exsudação do ligante
- F - Fator de ponderação
- FI – Fissuras
- Fp – Fator de ponderação para painéis
- Fr – Fator de ponderação para remendo
- Fr – Frequência relativa
- Ft – Fator de ponderação para trincamentos
- FWD – Falling Weight Deflectometer (deflectometro de impacto)
- GIS – Sistema de Informações Geográficas
- ICP – Índice combinado de defeitos
- ICP – Índice da Condição do Pavimento
- IGG – Índice de Gravidade Global
- IGI – Índice de Gravidade Individual
- ISU – Índice de Serventia Urbano
- J – Trinca jacaré
- jcm - Avenida James C. Maxwuel
- jsc - Josué de Castro
- L0 – Leitura inicial
- L120 – Leitura a 120 cm
- L20 – Leitura a 20 cm
- L40 – Leitura a 40 cm

L60 – Leitura a 60 cm
L90 – Leitura a 90 cm
Lf – Leitura final
lvl - Lev Landau
mdl - Mendeleyev
mtl - Monteiro Lobato
O – Corrugação – Ondulações transversais
P – Painéis
pcd - Praça Carlos Drummond de Andrade
pit – Pitágoras
PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo
R – Raio
R - Remendos
RST – Laser road surface tester
S – Severidade
SAR – Secretaria de Administração Regional
SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU – Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos
SGPUS - Sistemas de gerência de pavimentos urbanos simplificado
STB - Saturnino de Brito
TB – Trinca em bloco
TLC – Trincas longitudinais curtas
TLL – Trincas longitudinais longas
TRR – Trincas isoladas
TTC – Trincas transversais curtas
TTL – Trincas transversais longas
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
URMS – Urban Roadway Management System
Wij – Peso do defeito i, severidade j
X – Espaçamento ao longo do eixo
Zx – Deformação do ponto i que ocorre na superfície do pavimento

RESUMO

Causim, Patrícia Bolsonaro.

Estudo de um Sistema de Gerência de Pavimentos para cidades de pequeno e médio porte.

Campinas, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 2001.

Dissertação de Mestrado.

Este trabalho desenvolve um estudo sobre os aspectos técnicos relacionados à gerência de pavimentos para cidades de pequeno e médio porte, mais voltado à parte de pesquisa, monitorização e reabilitação dos pavimentos. A partir de uma pesquisa realizada em cidades de pequeno e médio porte, foram levantadas as necessidades e facilidades disponíveis nessas cidades e proposto uma estrutura de gerência adequada. A experimentação proposta foi realizada no campus da Universidade, tomado como laboratório, onde foram desenvolvidas algumas das atividades de um sistema de gerência. Foram feitos levantamentos visuais dos pavimentos, levantamentos estruturais e retroanálise dos resultados obtidos e com isso foi possível definir a condição atual dos pavimentos do campus e armazenar esses dados em um banco de dados para futuras avaliações.

ABSTRACT

Causim, Patrícia Bolsonaro.

Study of a Pavements Management System for Small and Medium Sized Cities.

Campinas, University of Civil Engineering of the State University of Campinas, 2001.

Dissertation of Master's degree.

This work develops a study on the technical aspects, related to the pavements management for small and medium sized cities, it is more adressed to the research, monitoring and rehabilitation of the pavements. Starting from a research accomplished in small and medium sized cities, it found out the needs and the availability those cities could have and a proposal has been put forward for an appropriate management structure. Was suggested the proposed experimentation took part at the campus of the University, taken as laboratory, and some of the activities of a management system were developed. Visual and structural risings of the pavements, and retroanalysis of the obtained results were made and with that it was possible to define the current condition of the pavements of the campus and to store those data in a database for future evaluations.

1 INTRODUÇÃO

A gerência de pavimentos vem sendo estudada ao longo dos anos para auxiliar os organismos gestores de vias pavimentadas a manter e prolongar a vida útil dos seus pavimentos e planejar previamente cada atividade e investimento.

A gerência de pavimentos visa manter os pavimentos existentes no melhor nível de serviço para conforto e segurança e economia dos usuários. Visa também aplicar os recursos disponíveis de forma adequada, tendo em vista, em nível de rede, a melhor alocação desses recursos para cada segmento que aponte maior e/ou imediata necessidade.

Ela é uma ferramenta importante para novas construções, pois com um acompanhamento sistemático é possível manter esses pavimentos em estado de ótima conservação resultando assim em maior durabilidade e menor custo de manutenção.

O importante é que se tenha o acompanhamento de todas as atividades, planejando alternativas de intervenções, acompanhando as decisões tomadas e fazendo um banco de dados que permita a obtenção de todas informações necessárias.

As cidades de menor porte, na maioria das vezes, não dispõem de recursos apropriados para adquirir e dar continuidade a esses sistemas propostos. Com isso só fazem as atividades de manutenção corriqueiras e seus dados históricos se perdem com o passar do tempo na lembrança dos funcionários mais antigos. Para essas cidades é necessário que o sistema de gerência de

pavimentos seja simples, fácil de ser alimentado e que possa ser utilizado por funcionários próprios e equipamentos disponíveis.

Nas cidades de menor porte encontram-se predominantemente, nas suas vias pavimentadas, pavimentos do tipo asfáltico. A política de manutenção desses pavimentos é eminentemente do tipo corretivo. A introdução de uma ferramenta gerencial do tipo Sistema de Gerência de Pavimentos poderia permitir que o planejamento de manutenção pudesse ser em parte realizado de forma prévia e não corretiva apenas. Um grande empecilho para o acompanhamento do estado degenerativo dos pavimentos é a falta de uma sistemática de registros históricos dos pavimentos urbanos, principalmente aqueles relativos à sua manutenção.

É essencial que a implantação do sistema de gerência de pavimentos seja compreensível para as pessoas envolvidas e apropriado à gestão que o utilizará. Isso será mais fácil com a elaboração de um banco de dados simples e facilmente aplicável. É fundamental, portanto, conciliar um banco de dados através do levantamento de informações relacionadas à condição atual dos pavimentos e sua manutenção com o passar dos anos, para se obter uma sistemática de atividades que seja adequada à realidade e às necessidades das cidades de pequeno e médio porte.

Esse trabalho propõe-se a realizar uma pesquisa na qual se prevê o desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP - de maior simplicidade que permita a acumulação de dados importantes de pavimentos de pequenas áreas urbanas ou de vias específicas. Este SGP será destinado a cidades de menor porte nos quais não se dispõem de pessoal técnico que possa ficar alocado exclusivamente para a missão de supervisionar o programa, mas permita que o registro sumário dos serviços de manutenção em via urbana de interesse possa ser acumulado. Essa é uma característica da maioria das cidades brasileiras, ou seja, a falta de pessoal técnico adequado aos programas de gerência que são propostos na atualidade.

Como primeira experimentação da metodologia concebida e proposta foram escolhidas algumas ruas do campus da universidade. A realização desse primeiro levantamento e a alimentação conseqüente do banco de dados mostra o primeiro passo de uma política de manutenção que deverá, em ocasiões futuras, repetir os levantamentos nas mesmas vias e nas

demais que compõem o sistema viário da universidade, no presente caso tomado como objeto de um projeto piloto para avaliações sobre a sistemática de trabalho idealizada.

Essa sistemática de campanha trará como resultado, após o acúmulo sucessivo de dados futuros, a possibilidade para que se estabeleça em trabalhos futuros uma expressão que avalie o processo degenerativo dos pavimentos dessas vias.

Os objetivos desse trabalho são apresentados no capítulo 2, nos quais se pretende o desenvolvimento da pesquisa para a proposição de um sistema de gerência de pavimentos voltado para cidades de pequeno e médio porte.

A proposição de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos Simplificado (S.G.P.U.S.) para cidades de pequeno e médio porte passa pelo estudo de sistemas de gerência já desenvolvidos conforme apresentados no capítulo 3. No capítulo 4 apresenta-se os resultados de uma pesquisa realizada em cidades do porte objeto deste estudo, através do qual foi possível definir as necessidades que deveriam ser atendidas pelo sistema de gerência proposto.

O sistema de gerenciamento é um instrumento que permite um planejamento adequado dos serviços de manutenção de um pavimento. A manutenção é necessária porque a contínua utilização do pavimento favorece o aparecimento de defeitos superficiais, cujo reparo deve ser processado o mais cedo possível. No capítulo 5 desenvolve-se uma pesquisa dos critérios empregados para a avaliação do estado funcional e estrutural de um pavimento. Na seqüência do capítulo 6 é desenvolvido a identificação e caracterização dos defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis urbanos.

O estado superficial de um pavimento flexível revela, em função do tipo de defeito visível e da sua freqüência de ocorrência, o seu estado estrutural e/ou funcional. Dependendo do momento em que se pretenda desenvolver o processo de reabilitação do pavimento, torna-se necessário o emprego de diferentes técnicas que resultam em diferentes graus de intervenção no pavimento existente. No capítulo 7 são discutidas as principais técnicas de reparo utilizadas nas cidades brasileiras e em especial as técnicas mais comuns empregadas nas cidades de menor porte.

No capítulo 8 apresenta-se o experimento e os resultados do sistema de gerência de pavimentos voltado para a prefeitura do campus da UNICAMP. Nesse capítulo são apresentados os principais resultados e análises desenvolvidas na aplicação do projeto piloto.

As conclusões e sugestões são apresentados no capítulo 9, de forma a permitir uma possível continuidade a uma futura pesquisa.

2 OBJETIVOS

O estudo das estruturas componentes de sistemas de gerência de pavimentos já duram mais de duas décadas. Atualmente já existem vários tipos desses sistemas, comportando ampla série de atividades pertinentes às áreas de planejamento e execução de serviços de manutenção rodoviárias. Em função dessas sistemáticas de trabalho, os programas resultantes apresentam uma estrutura complexa, cuja manipulação exige treinamento específico.

No presente trabalho, busca-se desenvolver uma sistematização mínima de atividades, que permita a implantação de um sistema de gerência de pavimentos mais simples, porém, adequado às cidades de pequeno ou médio porte, na qual um organismo municipal possa controlar a malha viária toda ou em parte, como por exemplo, as vias que recebem tráfego de transporte de passageiros e outras vias importantes para a comunidade.

A proposição das atividades para a implementação de um sistema de gerência de pavimentos desse porte implica na determinação dos dados de maior importância para permitir o adequado planejamento das atividades de restauração dos pavimentos urbanos. Dentro desse enfoque, são estabelecidos os principais dados que devem ser coletados de forma a permitir o acompanhamento da vida útil dos pavimentos.

Esse trabalho tem por objetivo principal otimizar um sistema de gerência de pavimentos para cidades de pequeno e médio porte, através de um banco de dados de fácil alimentação e manuseio. Estabelecendo uma gama de atividades relacionadas à manutenção e reabilitação dos pavimentos, com isso evitando que os recursos disponíveis sejam aplicados de forma irregular e

tendo prioridade sobre os locais onde os pavimentos se encontrem mais degradados, mantendo-os em níveis favoráveis de conforto e prolongando sua vida útil.

3 SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)

3.1 Estudo dos Sistemas de Gerência de Pavimentos

A gerência de pavimentos foi desenvolvida para organizar as atividades relacionadas à pavimentação. Os sistemas de gerência podem ser aplicados tanto para rodovias como para vias urbanas, enfoque maior dado neste trabalho.

Em resumo, todas as atividades propostas no sistema devem ser tomadas com a finalidade de tornar mais racional o processo de resoluções dos problemas, visando sempre manter os pavimentos em seu melhor nível de serviço.

Os sistemas de gerência de pavimentos (SGP) são ferramentas que auxiliam o processo de tomada de decisão e é necessário ressaltar que a continuidade do monitoramento e da coleta de dados permite a contínua alimentação do banco de dados e a partir deste, possíveis reavaliações dos critérios e concepções adotadas no pavimento.

É possível, dentro dos sistemas de gerência de pavimentos, obter árvores de decisão que podem ser empregadas para a aplicação da melhor estratégia de intervenção. Foram estudados nesta pesquisa alguns dos principais Sistemas de Gerência de Pavimentos existentes.

Um sistema de gerência de pavimentos segundo HUDSON, HAAS & ZANIEWSKI (13) apresenta a estrutura representada na figura 3.1.

As atividades em nível de rede: programação, planejamento e orçamento compõem uma fase onde tem-se uma visão geral da malha pavimentada, obtendo-se informações importantes, tais como: condições dos pavimentos, prioridades de investimento etc.

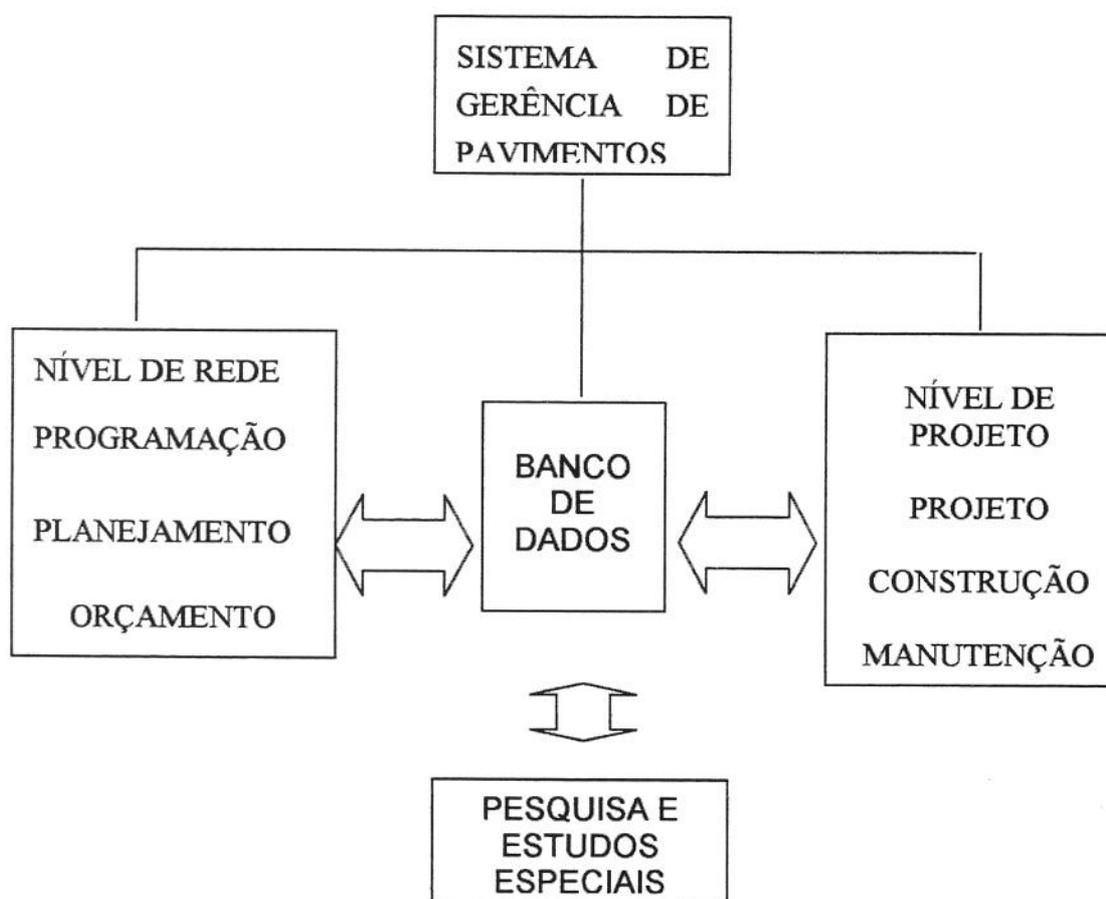


Figura 3.1 – Sistema de Gerência de Pavimentos
Fonte: (HUDSON, et al.) (13)

As atividades em nível de projeto: projeto, construção, manutenção e reabilitação constituem uma fase que trata da geração de alternativas, estratégias de manutenção, reabilitação

e recuperação de pavimentos com mesmas características. Neste sistema são feitas análises da capacidade estrutural do pavimento, sua condição superficial através de medições periódicas e também por inspeções visuais que fornecerá informações para reabilitações imediatas, ou seja, desenvolve-se um programa de acompanhamento do processo degenerativo que o pavimento apresenta ao longo de sua vida útil.

O banco de dados da figura 3.1 é uma fase importante pois está ligada diretamente com todas as outras fases do sistema de gerência de pavimentos. É a base de informações para todas as atividades do sistema, permitindo que essas informações sejam retroalimentadas, melhorando a qualidade das decisões tomadas e deixando o sistema sempre atualizado.

Todas essas atividades são complementadas pela pesquisa e estudos especiais, nos quais todo o processo é analisado e aperfeiçoado.

Uma análise a nível de rede segundo CARDOSO (3) “refere-se à macrovisão de toda uma malha de pavimentos. Está mais dirigida a administradores, legisladores e políticos. Nesse nível, os SGP permitem que as necessidades de manutenção e reabilitação dos pavimentos sejam ordenadas, hierarquizadas e priorizadas de acordo com critérios técnico-econômicos e políticos estabelecidos. No nível de projeto o SGP estará mais voltado a cada segmento do pavimento, com características próprias e particulares como, por exemplo, trechos com a mesma composição e volume de tráfego, mesmas condições de subleito, mesma estrutura, mesmo histórico de manutenção e reabilitação etc.”

O DNER (6) analisa a estrutura geral de um sistema de gerência de pavimentos através do esquema mostrado na figura 3.2. Seu sistema é voltado à gerência de pavimentos rodoviários.

Essa estrutura é bastante semelhante àquela proposta por HUDSON et al. (13), porém está apresentada de maneira mais linear.

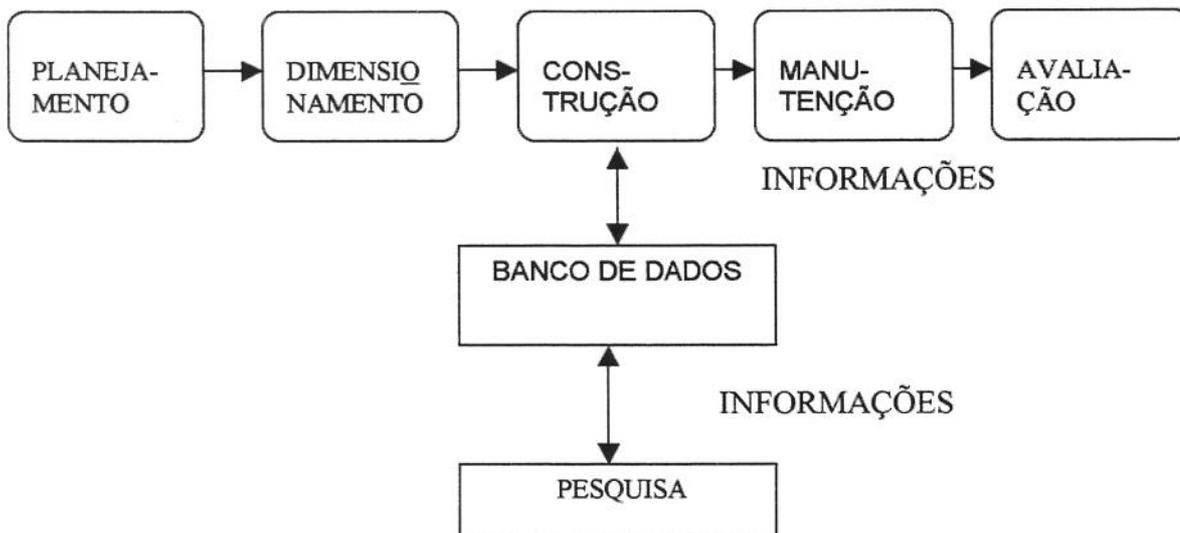


Figura 3.2 – Sistema de Gerência de Pavimentos segundo DNER.
 Fonte: DNER (6)

Na estrutura do DNER (6), as fases de planejamento, dimensionamento, construção, manutenção e avaliação são analisadas separadamente, HUDSON et al. (13) fazem a mesma distinção entre nível de rede e nível de projeto. Os dois sistemas concordam que as fases de alimentação de banco de dados e pesquisa devem estar separados e que uma fase depende da outra para ser analisada.

Esses dois sistemas foram propostos e implantados para atender redes rodoviárias simples. No âmbito municipal existe uma série de condicionantes que devem ser atendidas para tornar possível a aplicação de um sistema de iguais objetivos.

Para SHAHIN (21), o processo chamado gerência de pavimentos consiste das seguintes fases:

1. Definição do pavimento em nível de rede;
2. Avaliação da condição do pavimento;
3. Previsão da condição do pavimento;
4. Gerência em nível de rede;

5. Gerência em nível de projeto.

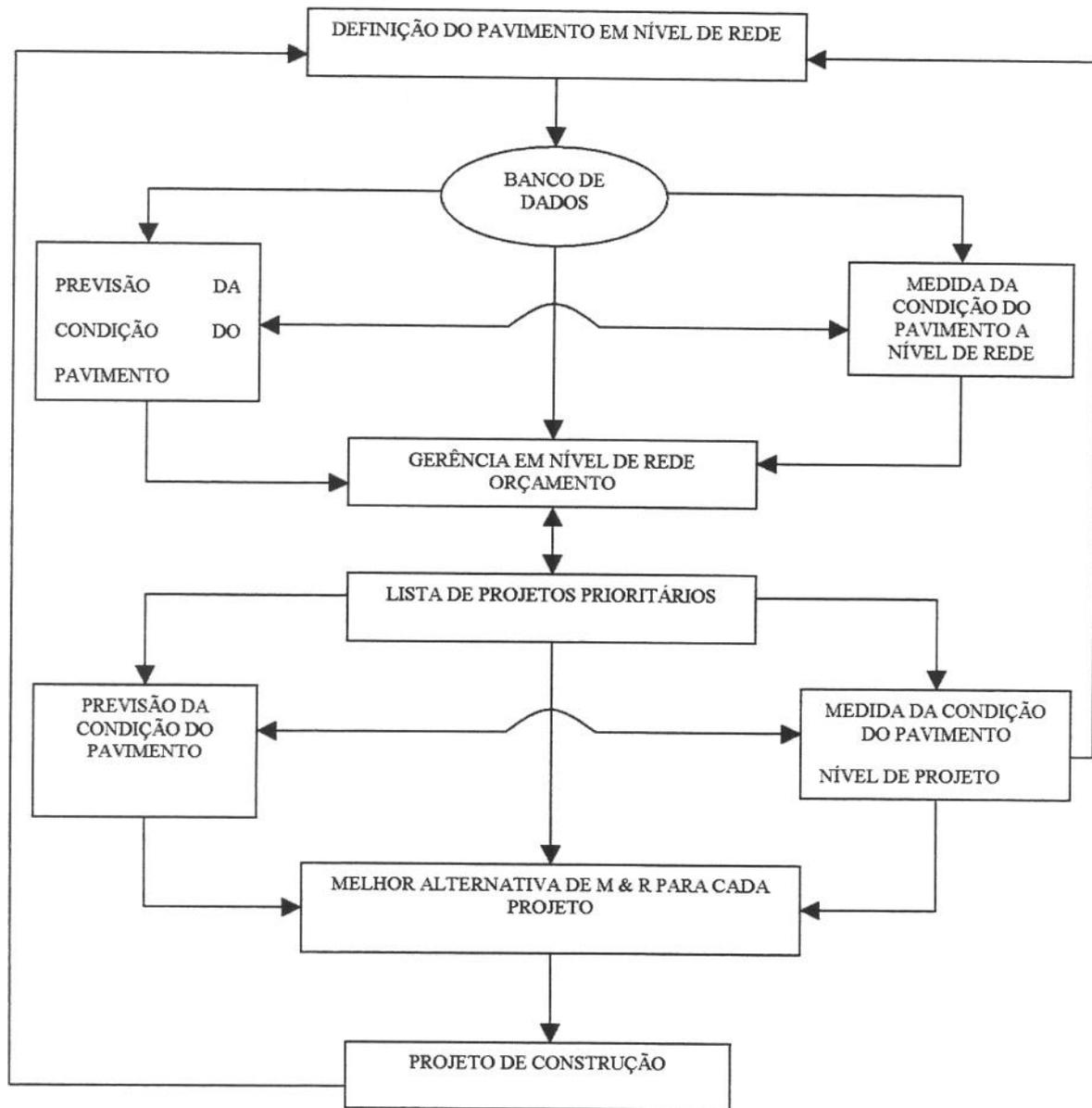


Figura. 3.3 - Processo de Gerência de Pavimentos, segundo Shahin
 Fonte: SHAHIN (21)

Por exemplo, na visão de VILLIBOR & DISSEI (24), ocorrem os fatores relacionados em seguida, os quais devem ser considerados num plano de gestão de manutenção de pavimentos urbanos:

- Treinamento e reciclagem de equipes para que em todas as regionais o pessoal esteja apto a identificar em campo os principais defeitos superficiais bem como encaixá-los em diferentes níveis de severidade;
- Coletar os dados obtidos e formar um banco de dados onde serão ponderados os principais defeitos existentes nos pavimentos analisados de acordo com os riscos que eles oferecem aos usuários em termos de conforto e segurança e mesmo em termos de custos de manutenção dos veículos, bem como calcular os índices de serventia dos diversos trechos e das diversas regionais;
- Tecnologia atualizada para a manutenção da rede, com especificações de serviços preliminares e posteriormente definitivas;
- Elaboração de um manual de serviços de conservação;
- Retroanálise dos resultados e ajustes quando necessários em todas as etapas do plano de gestão de conservação de pavimentos etc.

Uma análise comparativa entre os sistemas de gerência estudados permite avaliar que SHAHIN (21) e HUDSON et al. (13) passam por todo o processo e elegem uma lista de prioridades para fazer uma previsão da condição do pavimento e assim aplicar a melhor alternativa de intervenção. O DNER (6) mostra a avaliação depois de feito todo o processo, não fica claro nesse sistema quais são as prioridades. VILLIBOR & DISSEI (24) dão enfoque maior na fase de manutenção, para eles essa é a fase que alimenta o sistema.

É possível analisar que o banco de dados é o enfoque central para todos os autores. As informações são coletadas durante todo o processo da implantação do sistema e a melhor alternativa só é tomada quando descartada todas as outras possibilidades.

Todos os sistemas propostos mostram que mesmo se no momento não há nada a fazer, é possível estipular um prazo em que isso irá ocorrer e o orçamento que deverá ser gasto.

4 Sistema de Gerência de Pavimentos para Cidades de Pequeno e Médio Porte

4.1 Proposição de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos Simplificado

Para efeito desse trabalho, procurou-se estudar dados pertinentes às cidades de pequeno e médio porte. Na análise desses dados achou-se pertinente definir como cidades de pequeno e médio porte as que estiverem com número de habitantes entre 10.000 e 200.000 habitantes.

Em visitas feitas em algumas cidades pode-se concluir que nem sempre a falta de recursos é o fator predominante na implantação do sistema de gerência de pavimentos, falta também o interesse das pessoas ligadas ao setor, faltam informações sobre o que é um sistema de gerência de pavimentos e falta a iniciativa de começar a implantação, pois sempre há a desculpa de que em quatro anos a equipe poderá ser mudada.

Isso não justifica que não seja feita a implantação, pois os dados ficarão armazenados e nada será perdido.

Por isso foi elaborado nesse trabalho um método simples, para que todas as prefeituras possam ter acesso.

As visitas feitas em prefeituras no interior do estado de São Paulo foram elaboradas da seguinte forma:

- Foi apresentado um resumo do que é um Sistema de Gerência de Pavimentos, onde se detalhava cada atividade em todas as fases da gerência;
- Foi apresentado também um questionário onde havia as seguintes questões:

QUESTÕES	
1)	Existe algum sistema de gerência de pavimentos para controle e planejamento dos sistemas de manutenção nesta cidade? Se sim, descrever sumariamente cada detalhe. Existe alguma crítica no sistema existente?
2)	Se não, quais seriam na sua opinião as principais restrições para que se fosse necessário a implantação do sistema?
3)	De que maneira são guardadas as informações sobre a malha pavimentada de sua cidade?
4)	Quais os tipos de procedimentos são utilizados para manter os pavimentos existentes?
5)	Quais deveriam ser os procedimentos de um sistema de gerência que se adequasse à sua cidade?
6)	Qual utilidade teria o sistema por nós proposto com o seguinte protocolo mínimo? <ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaliação visual; ✓ Avaliação estrutural; ✓ Arquivamento dos dados em um banco de dados.

Tabela 4.1 - Questionário feito às prefeituras no interior do estado.

Nesse momento, era apresentado uma folha com as atividades que devem constar no sistema proposto e que são mostradas na tabela (4.2)

P R O T O C O L O M Í N I M O	Levantamento dos dados históricos e dados construtivos: no caso do campus, alguns dados foram encontrados em mapas e outros dados com pessoas que trabalham nos departamentos relacionados com pavimentação;
	✓ Avaliação visual: também no caso do campus, feita por 2 engenheiros: o orientador, a mestrandia e por 4 técnicos do laboratório de solos da Unicamp, conforme será apresentado no item 4.3 deste trabalho;
	✓ Avaliação estrutural: feita com a viga Benkelman, equipamento disponível para a pesquisa pela universidade e também escolhido, como já dito anteriormente, por ser de fácil manuseio e não ser um equipamento caro, sendo possível então, que as prefeituras de pequeno e médio porte não tenham dificuldades em adquiri-lo. No caso do campus, como as ruas estavam em condições visuais favoráveis, o levantamento com a viga Benkelman foi feito em quarteirões alternados, tendo em média 4 leituras por quarteirão.
	✓ Arquivamento de dados em um banco de dados: esse arquivamento foi feito na planilha que será apresentada no item 3.4.

Tabela 4.2 – Protocolo mínimo do sistema proposto

A seguir, na tabela (4.3) apresenta-se um resumo das respostas obtidas nas entrevistas:

	Questão1	Questão2	Questão3	Questão4	Questão5	Questão6
Local: Barretos Nºde hab.: 110.000 Entrevistado: José Elias de Mello Função: Chefe de divisão de obras públicas	Não.	Filosofia. Mudar a visão da Prefeitura. Planejar antes de fazer. Falta de pessoal técnico. Verba (falta)	Não existe arquivo.	Reclamação. Interesse político. Tapa-buraco e recape.	Viatura (equipamento). Funcionários especializados.	Adequaria à cidade, essa dentro das necessidades que Barretos mostra.
Local: Sumaré Nºde hab.: 200.000 Entrevistado: Fernando A. B. Pestana Função: Diretor do departamento de obras e viação	Não.	Falta de pessoal tecnicamente capacitado. Falta de estrutura no departamento.	Apenas nos contratos de licitação.	Operação tapa-buraco e manutenção corretiva.	Informações básicas do tipo de pavimento e tráfego; Data que foi implantado; Fornecer um gráfico de durabilidade e tempo de intervenção.	Sim, o sistema teria utilidade na cidade.

	Questão1	Questão2	Questão3	Questão4	Questão5	Questão6
<p>Local: Colina Nºde hab.: 16.655 Entrevistado: Jaci Salim Paro Função: Secretário do planejamento meio ambiente e obras</p>	Não.	Nenhuma, todo melhoramento é visto como benefício.	Não possui esse tipo de dado.	Tapa-buraco e PMF.	Avaliação dos pavimentos; Arquivamento dos dados.	Tem utilidade. Iria adequar as necessidades à realidade de Colina.
<p>Local: Bebedouro Nºde hab.: 80.000 Entrevistado: Wagner Silveira Função: Diretor do departamento de engenharia</p>	Não.	Falta de recurso; Falta de equipe técnica; Falta de estrutura no departamento.	Gráficos; Algumas informações em arquivos (papel).	Manutenção corretiva.	Banco de dados, estudo inicial antes de construir.	Viável.
<p>Local: Jaboticabal Nºde hab.: 75.000 Entrevistado: Mário Ivo Mengon Função: Secretário de obras e serviços municipais</p>	Não.	Pessoal habilitado tecnicamente no quadro atual, mas há interesse se o custo de tal acessória não for muito oneroso.	Ordem de serviço; no programa de computador de solicitação de municípios para serviços de tapa-buraco.	Tapa-buraco e recape.	Avaliação da qualidade dos pavimentos novos; Histórico dos pavimentos; Avaliação do tipo do pavimento e sua vida útil; custo benefício.	Seria muito útil para se tentar iniciar um melhor controle dos investimentos em pavimentação.

	Questão1	Questão2	Questão3	Questão4	Questão5	Questão6
Local: Guairá Nºde hab.: 35.140 Entrevistado: José Milton V. Nogueira Função: Secretário de Obras	Não.	Falta de programa; Falta de pessoal (equipe técnica); falta de verba.	Plantas (mapa de serviços); ordem de serviço.	Tapa-buraco e Recape.	Banco de dados; Avaliação estrutural; equipe de controle.	Sim, teria em função do perfil real da malha, podendo assim fazer o planejamento dos investimentos.
Local: Monte Alto Nºde hab.: 42.000 Entrevistado: Wilson José Zacarin Função: Secretário de obras e serviços	Não.	Nenhuma restrição.	Por licitação; algumas informações arquivadas em papel.	Tapa-buraco e recape.	Treinamento de pessoal.	Monte Alto comporta e necessita de um sistema semelhante.

Tabela 4.3 – Resumo de entrevistas feitas nas prefeituras do interior do estado de São Paulo

Perante estas entrevistas, foi possível concluir que as cidades de pequeno e médio porte necessitam de um sistema de gerência de pavimentos e que, embora exista o interesse de implantá-lo, ele deve:

- Ter sistema de eleição de vias principais ou de interesse;
- Acumular dados de forma organizada;
- Ser de fácil manipulação;
- Ser extremamente simples para poder armazenar todas as informações sobre as intervenções que são feitas nas vias;
- Ser formulado em português, pois as pessoas que irão manipulá-lo, na maior parte dos casos, ou em todos eles, segundo a entrevista, encontrariam dificuldades se isso fosse diferente.

4.2 O Projeto Piloto e o Levantamento dos Dados

O desenvolvimento desse trabalho propõe realizar uma pesquisa na qual se prevê um estudo para o desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos Simplificado – SGPUS de maior simplicidade, que permita a acumulação de dados importantes de pavimentos de pequenas áreas urbanas ou de vias específicas. Para isso, os modelos de desempenho e as estratégias de priorização foram desenvolvidas com base nas experiências e condições particulares do local a ser estudado, por esse motivo foi escolhido o sistema viário do campus da UNICAMP para o desenvolvimento desse trabalho, por conter toda a estrutura de uma cidade de pequeno porte, necessária para a elaboração do sistema que está sendo proposto.

Como em cidades de pequeno e médio porte, o campus possui ruas com diferentes níveis de tráfego, com rota de ônibus, ruas arteriais, coletoras e locais.

Foi utilizado somente pessoal técnico existente na prefeitura do campus, pois esta também é uma característica das cidades de pequeno e médio porte, a falta de pessoal técnico adequado a alguns programas de gerência que são propostos na atualidade.

O pavimento é uma estrutura que se deteriora com o passar dos anos, por isso com o término de sua vida útil é inevitável que se faça uma restauração, sem esquecer de que sendo aberto ao tráfego é importante mantê-lo através de uma manutenção sistematizada.

Observando a malha viária de uma cidade por segmentos, uma avaliação para determinar o instante exato em que se deva fazer uma intervenção é mais fácil de ser analisada.

A forma que deverá ser implantado o sistema irá depender da necessidade de cada cidade. Podendo optar por um sistema de gerenciamento completo ou pela implantação por partes do sistema.

Para se fazer um levantamento de informações essenciais sobre o pavimento é necessário a obtenção de alguns dados prioritários, que segundo HUDSON & FERNADES JR. (14) são:

- Definição dos limites da seção;
- Informações essenciais que incluem:
 - Nome ou número da rodovia ou via urbana;
 - Classificação funcional ou administrativa;
 - Estrutura do pavimento: tipo, espessura e materiais das camadas, número de recapeamentos;
 - Histórico: data de construção, data e tipo das sucessivas atividades de manutenção e restauração;
 - Custos;
 - Tráfego: volume de tráfego, porcentagem de veículos pesados, cargas por eixo;
 - Geometria: largura do pavimento, número de faixas, largura do canteiro central, largura e tipo de acostamento;
 - Drenagem;

Na visão de VILLIBOR & DISSEI (24), para a consolidação de um plano de gestão viária é recomendado os seguintes procedimentos:

- Conhecimento dos níveis de tráfego e tipo funcional das vias em cada administração regional;

- Cadastramento dos tipos de pavimentos existentes, histórico de construção e ocorrências de manutenção;
- Cadastramento físico das vias, incluindo geometria horizontal e vertical, micro e macrodrenagem e interferências de serviços de concessionárias;
- Cadastramento de defeitos típicos de pavimentos em cada via;
- Implantação do sistema de registro de qualidade do serviço prestado pelo pavimento, ou seja, de serventia urbana atual do pavimento;
- Avaliação da serventia atual através de um procedimento proposto para vias urbanas (ISU – Índice de Serventia Urbano);
- Criação de metodologia para associação dos parâmetros funcionais e de gravidade de defeitos com soluções de intervenção (árvore de decisão).

Em função disso, concebeu-se um sistema composto por uma metodologia que envolve o inventário total ou parcial da malha viária, a análise das estratégias que serão utilizadas na avaliação da condição do pavimento feita pela verificação periódica da capacidade estrutural e estabelecendo um programa de atividades de manutenção com os dados que foram levantados.

O enfoque maior desse trabalho é auxiliar os órgãos de cidades de pequeno e médio porte, quando da tomada de decisão sobre todas as atividades de um sistema de gerência de pavimentos, através de um banco de dados de fácil manipulação que possa ser retroalimentado, de fácil aprendizado, utilização e adaptação.

A tabela 4.4 foi elaborada no programa EXCEL da MICROSOFT, pois pode ser facilmente retroalimentado, podendo elaborar gráficos que compare as alternativas de investimentos e intervenções, e é um programa que pode ser manipulado com facilidade devido à sua disponibilidade dentro do meio técnico.

Além dos dados pertinentes ao pavimento, a tabela também permite a apropriação dos dados de tráfego e de eventuais instalações subterrâneas de utilidade pública. No caso da tabela 3.4, as interferências relacionadas são aquelas existentes no subleito das vias internas do campus da UNICAMP.

A planilha contempla também a possibilidade de registro das coordenadas de dados de informação geográfica, pois como observa BERTIIN & ADADA (2), é possível o emprego de ferramenta tipo GIS (sistema de informações geográficas) para a análise sistêmica da ocorrência de defeitos em pavimentos.

A planilha contempla a identificação do tipo de pavimento conforme define SOUZA (22): flexíveis, rígidos ou compostos, que em geral são constituídos por revestimentos flexíveis e bases ou sub bases rígidas.

Os defeitos existentes no pavimento em cada seção considerada e registrados conforme a norma DNER PRO 08-78 (8) permitem a determinação do IGI (índice de gravidade individual) de cada seção inventariada e posteriormente o IGG (índice de gravidade global) de toda a via. O valor do IGG é registrado na planilha, permitindo uma permanente avaliação do estado do referido pavimento.

O preenchimento dessa planilha deve ser feito após o levantamento dos dados. Esse levantamento será dividido em duas etapas: 1º na prefeitura local; 2º nas vias de interesse.

1. A coleta de dados na prefeitura deve ser feita através de documentos disponíveis, tais como, data de construção; tipo de pavimento: base, sub-base, leito e revestimento; data da última intervenção; dados de tráfego; dados geodésicos; redes de utilidade pública enterradas, tais como: telefonia, saneamento e rede elétrica.

2. Coleta de dados nas vias deve ocorrer através de inspeções visuais e eventualmente através da determinação e análise das deformações, através de avaliação estrutural do pavimento e características do seu processo degenerativo. No presente estudo, esta análise foi desenvolvida com o levantamento sistemático de deformações recuperáveis no ponto de aplicação da carga e

por uma segunda deformação obtida em um ponto distante 25 cm do primeiro. O registro dessas duas deformações permite o cálculo do raio de curvatura da seção, característica essa que permite uma avaliação estrutural da seção analisada.

Através da determinação do raio de curvatura é possível também o estabelecimento de parâmetros de avaliação estrutural do pavimento, através da determinação de valores típicos para esses fins, tais como: o produto Rxd e o quociente R/d referentes a essas deformações.

DATA				
RUA				
TRECHO				
ESTACA				
DADOS GEOD.	X			
	Y			
	X			
	Y			
NUM. FAIXAS				
LARG. DE FAIXAS				
TIPO DE PAVTO				
ANO DE CONST.				
DADOS CONSTRUT.				
ÚLTIMA REABILIT.				
DEFEITO				
IGG				
DEFORMAÇÃO				
R				
R/D				
TRÁFEGO	VOLUME			
	% VEÍC.			
	PESADOS			
INTERF. SUBTERRÂNEA	TELEFONIA			
	SANEAM.			
	ELÉTRICA			

Tabela 4.4 –Planilha de levantamento de dados

Nas vias de interesse foram desenvolvidas avaliações visuais objetivas, para a determinação dos defeitos existentes, suas respectivas intervenções, bem como o nível de severidade com que se encontra cada defeito.

Como a função básica de um banco de dados é o fornecimento de informações para as decisões administrativas e para a realimentação de vários procedimentos, processos etc., na elaboração da planilha de registro dos dados foi necessário coletar informações sobre a malha viária a ser estudada.

Portanto, para o campus da UNICAMP, tomado como exemplo de cidade piloto, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

a) Identificar as vias de maior interesse, através de sua função: 1 arterial, 1 principal, 1 coletora;

b) Delimitar as vias por trechos para facilitar a sua identificação;

c) Levantar os dados históricos na prefeitura local e com seus funcionários: data de construção; dados geodésicos; dados de construção: base, sub-base, subleito e revestimento; última reabilitação; tipo de pavimento; interferência subterrânea; dados de tráfego; números de faixas; largura;

d) Levantar os dados sobre a condição superficial e eventualmente estrutural atual dos pavimentos: defeitos; nível de severidade; condição estrutural. Os Sistemas de Informação Geográfica permitem a integração dessas operações e a compatibilização dos sistemas de gerência da infra-estrutura urbana à medida em que estabelecem uma base comum de dados geograficamente distribuídos.

Com as visitas feitas nas prefeituras das cidades de pequeno e médio porte no interior do estado de São Paulo, a tabela 4.4 foi elaborada de maneira que atendesse suas necessidades.

Nada impede que a planilha se adapte a cada cidade. Por exemplo, para o campus foi colocado dados geodésicos, porque era um dado disponível e no futuro poderá ser ligado a outras informações. Todos os dados podem ser alterados, isso irá depender da necessidade de cada prefeitura.

5 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

5.1 Considerações Importantes

O processo degenerativo de um pavimento flexível, em geral, pode ser correlacionado com o aumento da magnitude das deformações elásticas e com o aparecimento de deformações permanentes nos locais de maior solicitação.

A avaliação da vida útil de um pavimento tem sido acompanhada, nos tempos atuais, através da introdução de Sistemas de Gerência de Pavimentos. Esses sistemas permitem o registro continuado dos defeitos visíveis e de deformações recuperáveis, determinadas ao longo da vida útil do pavimento.

Em cidades de menor porte, os processos de manutenção dos pavimentos são totalmente caracterizados por uma sistemática de manutenção corretiva. Tal prática não é necessariamente conveniente pois nem sempre intervenções de manutenção estão incluídas nos orçamentos municipais. Portanto, a utilização de ferramentas de gestão de manutenção, como Sistemas de Gerência de Pavimentos, permitem que ocorra um planejamento prévio das atividades de manutenção e que poderiam estar, dessa forma, previstas nos orçamentos municipais.

Para fazer a manutenção dos pavimentos é preciso saber como eles se encontram estrutural e superficialmente e também o nível de serviço que ele oferece ao usuário.

Isto é feito através de um acompanhamento periódico para sua avaliação, onde serão obtidas informações do seu estado e, assim, programando melhor os recursos disponíveis, e os métodos de manutenção que serão mais adequados para cada tipo de defeito existente, encontrados nos pavimentos.

Segundo o DNER (6) “a medição das características do pavimento e a avaliação dos dados obtidos tem três principais objetivos:

1. Verificar se a função pretendida ou o desempenho esperado está sendo alcançado;
2. Fornecer informações para o planejamento da restauração de pavimentos existentes;
3. Fornecer informações para melhorar a tecnologia de projeto, construção e manutenção.”

Para HARRAL (11), “a avaliação estrutural determina a adequação de um pavimento para suportar o tráfego sem desenvolver defeitos estruturais apresentáveis. O intento da avaliação estrutural é determinar uma adequação contínua do pavimento e predizer sua vida futura em serviço para o tráfego que o utiliza.”

Através da avaliação dos pavimentos obtemos informações sobre a capacidade estrutural através de ensaios que serão realizados com equipamentos adequados. Também serão avaliados os defeitos existentes através de levantamentos visuais.

A função de uma estrutura de pavimento para HUDSON & FERNANDES, JR. (14) “é suportar as cargas do tráfego e transmiti-las ao subleito. A avaliação da capacidade estrutural de um pavimento, medida pela deflexão superficial, é usada, geralmente, para projeto de restauração. Os ensaios estruturais ficam, muitas vezes, limitados aos locais indicados pelo levantamento de irregularidade Longitudinal.”

5.2 Equipamentos de Avaliação

Vários equipamentos já foram desenvolvidos para avaliar de modo não-destrutivo os pavimentos.

Os testes de deflexão não-destrutivos segundo SHAHIN (21) “tem duas principais vantagens: primeiro, testes destrutivos por definição incomodam as camadas superficiais dos pavimentos, ou necessitam a remoção de materiais para testes laboratoriais, onde testes de deflexão não-destrutivos é um teste usado in situ que avalia o pavimento, sem incomodar nenhum material ou modificá-lo, a segunda vantagem é que os testes não destrutivos são relativamente rápidos e baratos, permitindo que eles sejam completados enquanto causam menos interrupções de tráfego que os testes destrutivos.”

A seguir, serão listados alguns equipamentos para testes não-destrutivos relacionados em HUDSON et al.(13):

- o Pasco Roadrecon System produz uma gravação em filme contínuo da superfície do pavimento e uma medida de irregularidade longitudinal; Fotografias são tiradas à noite, em quantidades controladas e com um ângulo de iluminação; uma fina linha óptica pode ser projetada sobre a superfície do pavimento fornecendo, assim, uma linha de referência para avaliação da profundidade dos sulcos; o veículo fotografa uma área de 16 pés (4,8 m) de largura;

- o Gerpho System grava uma imagem contínua da superfície do pavimento em um filme de 35 mm. O Gerpho também usa luz artificial para operar à noite. Informações de defeitos são extraídas do filme usando uma tabela especialmente projetada;

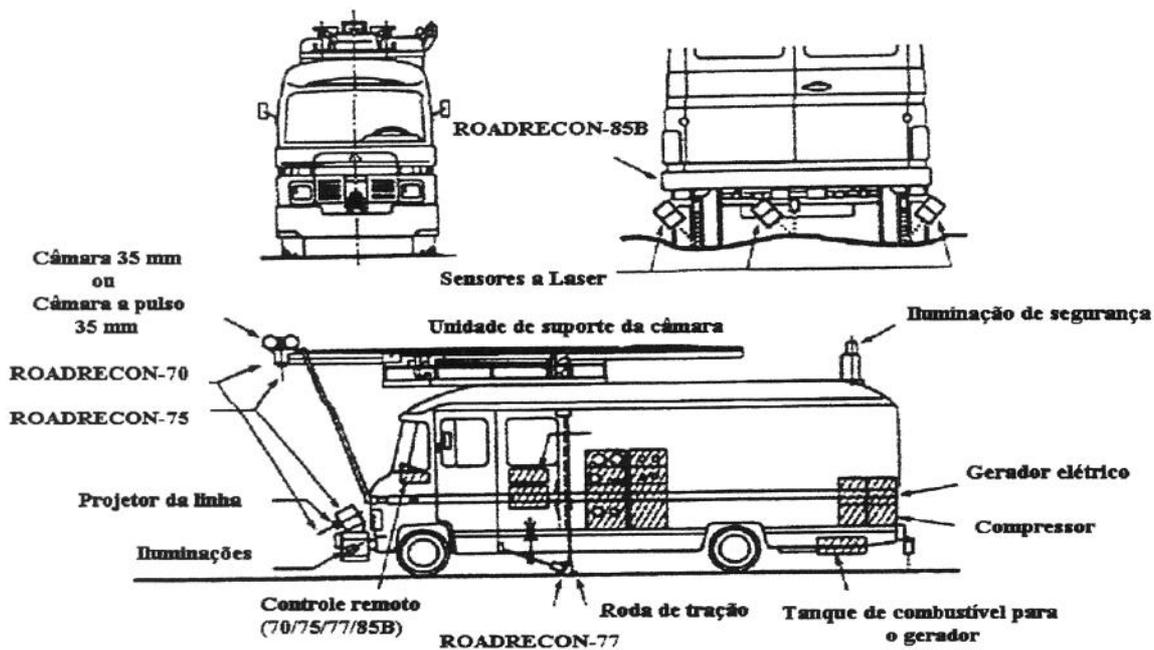


Figura 5.1 – PASCO ROADRECON: sistema característico de equipamento fotográfico automático e sensores laser
 Fonte: (HUDSON et al.) (13)

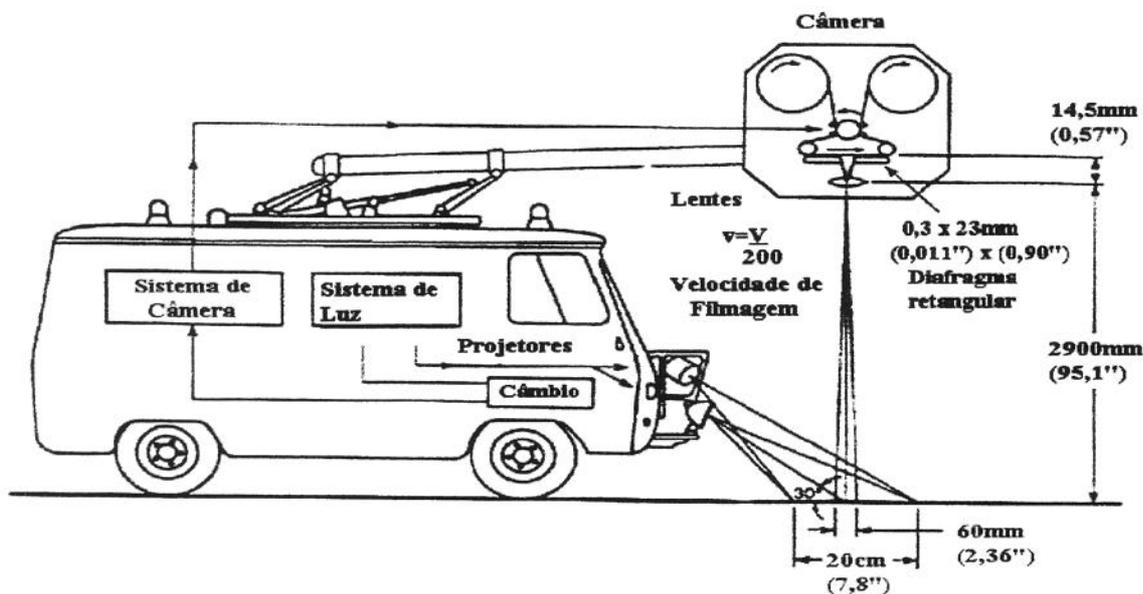


Figura 5.2 – Ilustração esquemática dos princípios do GERPHO: sistema automático fotográfico
 Fonte: (HUDSON et al.) (13)

- o Automatic Road Analyzer (ARAN) mede a profundidade dos sulcos e o perfil transversal com sensores ultra-sônicos, a qualidade da irregularidade longitudinal com um acelerômetro no eixo traseiro, tira fotos da faixa de domínio da rodovia através do pára-brisa, tira fotos da superfície do pavimento com uma vídeo-câmera e usa um operador observador para gravar e arquivar dados sobre defeitos;

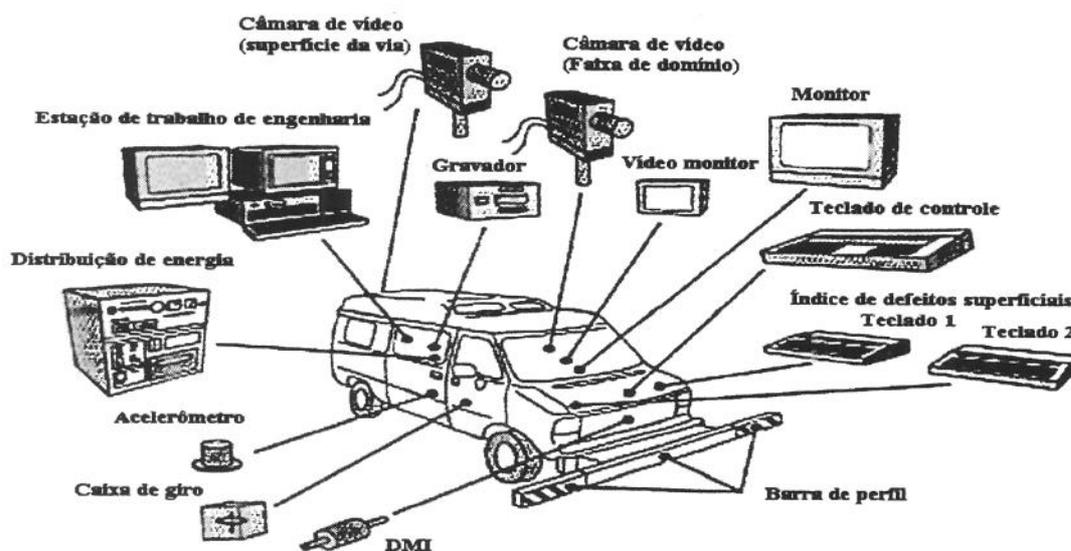


Figura 5.3- Ilustração esquemática dos vários componentes do Analyser Road Automatic (ARAN)
Fonte: (HUDSON et al.) (13)

- o Laser Road Surface Tester (RST) usa uma tecnologia a laser para medir comprimento e profundidade das trincas, profundidade dos sulcos, perfil longitudinal, macrotextura, perfil transversal e distância.

Existem também para determinação das deformações elásticas, como ensaios não destrutivos, os deflectômetros de impacto Falling Weight Deflectometer (FWD) e a viga Benkelmam. No FWD, segundo SHAHIN (21), “a força é gerada por uma massa com um sistema guia. A massa é levantada a uma altura pré-determinada e depois solta. A força resultante transmitida ao pavimento tem forma de meia onda”.

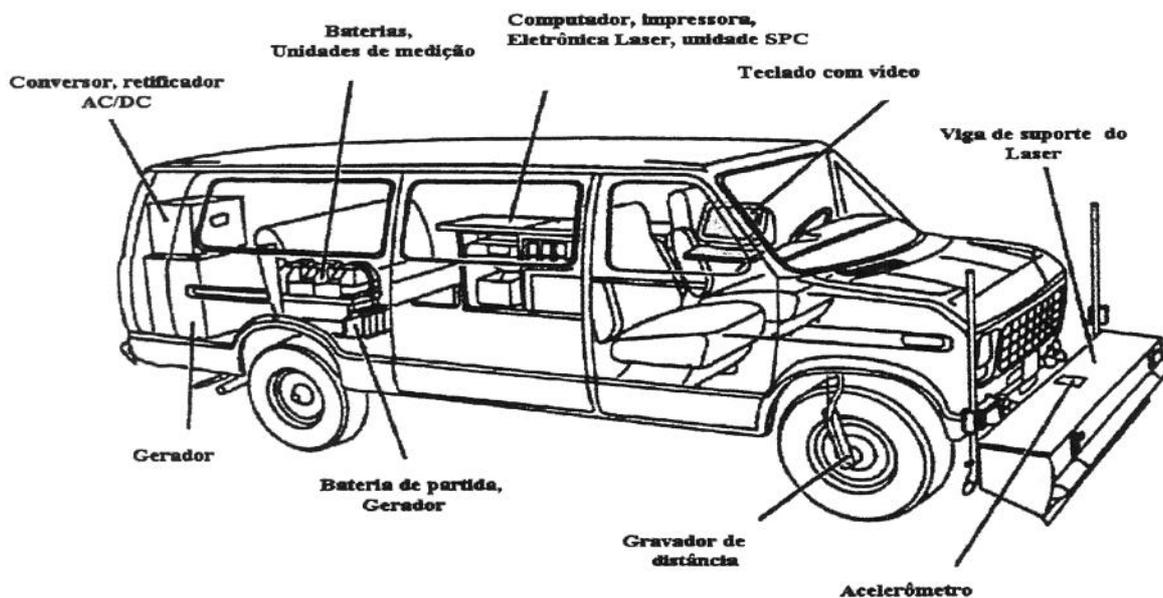


Figura 5.4 – Ilustração esquemática dos vários componentes do Laser Road Surface Tester (RST)
 Fonte: (HUDSON et al.) (13)

A maioria desses equipamentos está fora da realidade prevista para essa pesquisa, que se resume em elaborar um sistema de Gerência de Pavimentos com mínimos recursos e equipamentos que não sejam caros para aquisição nas prefeituras de cidades de pequeno e médio porte.

Para isso será utilizado nos levantamentos a Viga Benkelman, que se trata de um equipamento de baixo custo e de fácil operação e “que foi desenvolvido com o objetivo de medir as deflexões dos pavimentos sob a carga estática das rodas. Em decorrência do uso muito difundido e por longo tempo, esse teste de campo é provavelmente o mais familiar aos engenheiros e projetistas de pavimentos.” DNER (6)

Por se tratar de um equipamento de baixo custo, admitiu-se que, caso fosse necessário caracterizar o processo degenerativo dos pavimentos urbanos, será utilizada a viga Benkelman que pode ser adquirida facilmente pelas prefeituras ou seu serviço pode ser contratado regularmente.

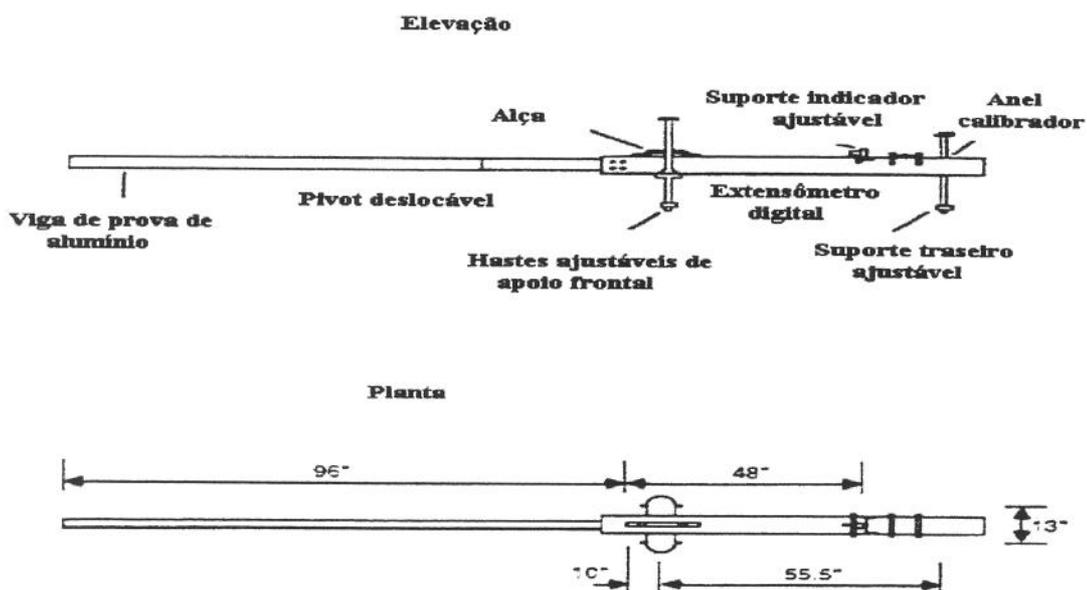


Figura 5.5 – Diagrama esquemático da Viga Benkelman, com dimensões (nota: 1 in = 25,4 mm).
 Fonte: (HUDSON et al.) (13)

5.3 Avaliações Visuais e Superficiais

A avaliação visual e superficial dos pavimentos é de grande importância para auxiliar e estabelecer parâmetros sobre o grau de deterioração em que se encontram os mesmos.

Auxiliam ainda na determinação da melhor estratégia de manutenção dos vários trechos avaliados e na determinação dos trechos onde deverão ser feitos os levantamentos de avaliação estrutural objetiva nos pavimentos.

A avaliação visual e superficial dos pavimentos se enquadra dentro da avaliação chamada funcional que para JU (15) “refere-se à análise qualitativa e/ou quantitativa do pavimento quanto à segurança e conforto dos usuários. Dentro dessa modalidade de avaliação, encontram-se duas técnicas de análises distintas:

- Avaliação objetiva: define o estado do pavimento após a quantificação de suas degradações relacionando-as em graus de serventia e frequência de distribuição;
- Avaliação subjetiva: define o estado do pavimento através de conceitos qualitativos, geralmente relacionados ao conforto do usuário em trechos de pavimentos avaliados.”

As inspeções visuais, como o nome já diz, é uma quantificação dos defeitos que podem ser visualizados no pavimento, feito por técnicos treinados para o serviço, através de levantamentos em campo.

Para PINEDA (18), “da aplicação dessas avaliações visuais pode-se obter dois resultados representativos: por um lado, indicadores qualitativos que permitem comparar estados de conservação de diferentes redes em um mesmo ano de inspeção e analisar a evolução da conservação dessas redes através dos anos; e, por outro lado, permite a obtenção de uma estimativa econômica muito aproximada das necessidades de conservação.”

Vários métodos já foram desenvolvidos para analisar visualmente os pavimentos. Esses métodos geralmente são baseados na quantificação visual dos defeitos e, posteriormente, na combinação desses defeitos por seção e pelo seu grau de severidade.

“Os índices de defeito de pavimento são indicadores e permitem classificar as suas necessidades de manutenção e reabilitação. Para JU (15), esses índices individuais de defeito do pavimento são obtidos através dos seguintes elementos:

- Estabelecimento dos diversos níveis de severidade para cada defeito relacionado;
- Estabelecimento dos critérios de engenharia para aceitabilidade de cada nível de severidade de cada defeito a ser avaliado;
- Estabelecimento de uma escala-padrão de avaliação;

- Estabelecimento de um valor limiar crítico único de aceitabilidade, abaixo do qual o pavimento necessita de algum tipo de reparo.”

Quando os dados são levantados em campo e arquivados é possível saber a condição em que se encontra aquele pavimento naquele determinado momento e, posteriormente, fazer comparações com futuros levantamentos.

DOMINGUES & OLIVEIRA (5) em seus trabalhos fazem essa avaliação através do que eles chamam de vida remanescente de serviço: “A vida remanescente de serviço de uma seção de pavimento combina a severidade e a extensão do defeito com a avaliação da deterioração do pavimento.”

Alguns métodos para avaliar a caracterização do estado superficial dos pavimentos em determinada época fazem um inventário no qual constam os diversos tipos de defeitos visualizados no trecho em análise, dando notas em uma escala que varia, dependendo do avaliador e do método.

HARRAL (11) estabeleceu uma tabela onde o avaliador relaciona os defeitos visualizados no pavimento em uma escala que varia de 0 a 10.

O estado de um pavimento é definido a partir de um parâmetro denominado taxa de condição, que é determinado pela fórmula (5.1)

$$\text{TAXA DE CONDIÇÃO} = 100 - \text{SOMATÓRIA DOS DEFEITOS}$$

(5.1)

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	
RUA OU ROTA _____	CIDADE _____
COMPRIMENTO DE PROJETO _____	LARGURA _____
TIPO DO PAVIMENTO _____	DATA _____
(Nota: A taxa "0" indica que o defeito não ocorre)	
DEFEITOS	TAXA
Trinca transversal	_____
Trinca longitudinal	_____
Trinca por fadiga	_____
Trincas por reflexão	_____
Deformação permanente	_____
Corrugações	_____
Desgaste	_____
Desagregação	_____
Buracos	_____
Exsudação	_____
Agregados polidos	_____
Drenagem deficiente	_____
Qualidade do revestimento (0 é excelente; 10 é muito ruim)	_____
Soma dos defeitos	_____
Pontuação dos defeitos = 100 – Soma dos defeitos	
= 100 - _____	
Taxa de condição <input style="width: 50px;" type="text"/>	

Figura 5.6 – Planilha de avaliação da condição do pavimento
 Fonte: (HARRAL) (11)

Depois de identificados os defeitos encontrados na superfície do pavimento obtemos o ICP (Índice Combinado de Defeitos) pela fórmula 5.1 e assim identificamos em uma outra tabela (escala) com o valor encontrado, a técnica que será adotada para a correção do defeito.

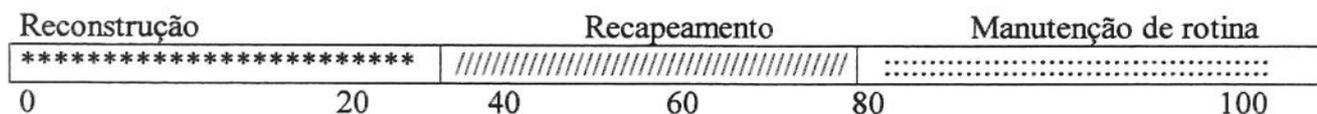


Figura 5.7 – Taxa de condição como um indicador geral do tipo de manutenção.
 Fonte: (HARRAL) (11)

HUDSON & FERNANDES, JR. (14) também elaboraram um formulário para o levantamento visual dos defeitos encontrados nos pavimentos, podendo assim determinar o índice de condição do pavimento (ICP) através da fórmula:

$$\text{ICP} = 100 - \text{Pontuação total dos defeitos}$$

(5.2)

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO
DOS DEFEITOS

SEÇÃO _____ Data _____
Inspeccionado por _____

100 - Pontuação total dos defeitos
Índice de Condição
do Pavimento

TIPO DO DEFEITO	SEVERIDADE	PORCENTAGEM EM ÁREA			
		1 - 5 %	6 - 25 %	26 - 50 %	51 - 100 %
Deformação Permanente Pontos	Baixa	0	10	20	25
	Regular	10	20	30	35
	Alta	15	30	40	45
Oxidação Pontos	Baixa	0	5	10	15
	Regular	5	10	15	20
	Alta	15	20	25	30
Corrugação Pontos	Baixa	0	0	0	10
	Regular	5	10	10	15
	Alta	5	15	20	30
Exsudação Pontos	Baixa	0	5	15	20
	Regular	10	20	30	35
	Alta	20	30	40	45
Trincas por Fadiga Pontos	Baixa	10	15	25	30
	Regular	15	25	30	35
	Alta	20	30	40	45
Trincas longitudinais e transversais Pontos	Baixa	0	10	15	15
	Regular	5	15	20	20
	Alta	15	30	40	40
Painéis Pontos	Baixa	10	20	30	40
	Regular	20	30	40	45
	Alta	30	40	45	50

Figura 5.8 – Formulário para levantamento dos defeitos
Fonte: (HUDSON & FERNANDES, JR.) (14)

5.3.1 Os Métodos de Gerência de Vias Urbanas Analisados:

5.3.1.1 SAR (Secretaria de Administração Regional)

O método Novas Diretrizes para um Plano de Gestão Viária foi desenvolvido pela Secretaria da Administração Regional (SAR), da prefeitura de São Paulo, nesse trabalho foi chamado método SAR.

A avaliação visual nesse trabalho auxilia na identificação dos defeitos existentes nos pavimentos, de uma maneira simples e rápida.

Para VILLIBOR & DISSEI (24) existe um grande inter-relacionamento entre os diversos tipos de defeitos observados nos pavimentos em geral.

A causa para o surgimento desses defeitos não será estudada nesse trabalho, mas assim que detectados, o método de reparo.

Alguns parâmetros são fundamentais, segundo VILLIBOR & DISSEI (24), e devem ser analisados:

- Métodos adequados e exequíveis de levantamento contínuo do estudo superficial do pavimento, bem como em casos extremos de deterioração, a necessidade de avaliação estrutural do mesmo;
- Desenvolvimento de um banco de dados simplificado para vias urbanas, levando-se em conta somente os dados mais importantes, tais como: principais defeitos superficiais detectados, distribuição dos defeitos em poucos níveis de severidade etc.;

- Treinamento e reciclagem adequados de pessoal para levantamento dos dados em campo de forma uniforme e eficaz, de como preencher as planilhas de levantamento de defeitos superficiais;
- Manutenção das mesmas equipes treinadas nas diversas regionais, que serão responsáveis por um programa anual de avaliação das condições superficiais dos pavimentos;
- Geração de um sistema de avaliação dos dados coletados e armazenados no banco de dados, priorizando de acordo com a verba disponível os trechos que exigem recuperação pesada, um recapeamento simples, um rejuvenescimento ou uma simples operação de tapa-buraco, e
- Análise simplificada dos resultados da avaliação, com a definição de especificações de projeto e elaboração de projetos básicos.

No método SAR é feita uma análise de defeitos e são destacadas as seguintes variáveis: defeitos, severidade, tráfego, classe funcional das vias.

O método SAR faz uma avaliação simplificada da seguinte forma:

- Separar os defeitos em, no máximo, três categorias:
 - ❖ Remendos;
 - ❖ Panelas/buracos;
 - ❖ Trincamentos;

- Separar a extensão dos defeitos em, no máximo, três classes:

CLASSE	EXTENSÃO DO DEFEITO	% DA ÁREA ATINGIDA
E1	Praticamente não existe	< 10%
E2	Ocorrência freqüente	10 à 50%
E3	Ocorrência intensa	>50%

Tabela 5.1 – Classificação dos defeitos

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

- Separar a severidade do defeito em, no máximo, três classes:

CLASSE	SEVERIDADE DO DEFEITO
S1	leve
S2	média
S3	intensa

Tabela 5.2 – Severidade do Defeito

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

SEVERIDADE	E1 < 10%	E2 10 à 50%	E3 >50%
S1 baixa	1	2	3
S2 média	2	4	6
S3 alta	3	6	9

Tabela 5.3 – relação entre Extensão e Severidade dos Defeitos

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

- Condição do pavimento:

$$C = E \times S \quad (5.3)$$

Onde: E = Defeito S = Severidade

- Fatores de ponderação

TIPOS DE DEFEITOS	F
Remendos	2
Panelas/buracos	4
trincamentos	4

Tabela 5.4 – Fatores de Ponderação

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

- Índice de serventia urbano

$$ISU = 100 - [100/90 (CrFr + CtFt + CpFp)] \quad (5.4)$$

Onde: Cr, Cp, Ct = condição do remendo, placas e trincamentos.

Fr, Fp, Ft = fator de ponderação para remendo, placas e trincamentos.

OBS: valor mínimo de Ct = 1 (representando fissuras). No caso de inexistência de placas e remendos adotar Cr e Cp = 0

ISU	CONDIÇÃO DO PAVIMENTO
0 a 20	Péssimo
21 a 35	Ruim
36 a 50	Regular
51 a 70	Bom
71 a 100	Muito Bom

Tabela 5.5 – Índice de Serventia Urbano
Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

Para permitir uma posterior comparação, apresenta-se a seguir um exemplo de uma tabela para associar serventia atual com algumas soluções de manutenção na cidade de São Paulo, segundo o método SAR:

GRUPO FUNCIONAL	CONCEITO DE CONFORTO
I	MUITO BOM
II	MUITO BOM
III	BOM
IV	REGULAR
V	RUIM
VI	PÉSSIMO

Tabela 5.6 – Relação entre Índice de Serventia urbano e Conceito de conforto
Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

Para via ARTERIAL e COLETORA:

GRUPO FUNCIONAL	Solução de manutenção de pavimentos com revestimento de concreto asfáltico
I	sem intervenção
II	Micro concreto a frio
III	Micro concreto a quente e PMF
IV	Micro concreto à quente ou micro concreto a frio, em duas camadas
V	recapeamento
VI	Recuperação de base e recapeamento

Tabela 5.7 – Soluções Típicas de Manutenção, em função do conceito de Conforto para via arterial e coletora

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

Para via RESIDENCIAL OU LOCAL:

GRUPO FUNCIONAL	Solução de manutenção de pavimentos com revestimento de concreto asfáltico
I	sem intervenção
II	sem intervenção
III	Lama asfáltica com polímero
IV	Micro concreto a frio
V	Micro concreto a frio e recapeamento
VI	recapeamento

Tabela 5.8 – Soluções Típicas de Manutenção, em função do conceito de Conforto para via residencial ou local

Fonte: (VILLIBOR & DISSEI) (24)

5.3.1.2 Método URMS (Urban Roadway Management System)

No método usado por HUDSON & CHEN (12) em seu programa chamado URMS (Urban Roadway Management System) são destacados dezoito dados básicos:

- Dados de identificação da seção:

Código, nome da rua, início e fim da seção e tipo de pavimento.

- Dados geométricos dos pavimentos:

Comprimento, número de faixas de tráfego e largura do pavimento.

- Dados históricos sobre o pavimento:

Ano de construção, últimas reabilitações.

- Dados de tráfego:

Média diária de tráfego, taxa de crescimento e porcentagem de caminhão.

- Dados sobre condição do pavimento:

Índice da condição do pavimento (ICP).

Para análise de defeitos são destacadas as seguintes variáveis: defeitos, severidade.

O modo de avaliação é feito através do ICP, obtido através da seguinte fórmula:

$$ICP = 100 - \sum \sum W_{ij} D_{ij} \quad (5.5)$$

Onde:

W_{ij} = peso do defeito i , severidade j ;

D_{ij} = porcentagem em área do defeito i , severidade j .

ICP	CONCEITO
< 30	RUIM
30 – 50	POBRE
50 – 70	FRACO
70 – 90	BOM
≥ 90	EXCELENTE

Tabela 5.9 – ICP segundo HUDSON & CHEN (12)

São usados sete tipos de defeitos para o cálculo do ICP: trinca por fadiga, trinca em bloco, trincas longitudinais e transversais, trilha de roda, bombeamento, buraco e remendo.

5.3.2 Análise Comparativa dos Métodos Estudados

Observa-se que para o método SAR, o ISU é um dado em função dos defeitos existentes no pavimento no momento do levantamento, no método URMS para avaliar o ICP, também leva-se em conta a condição atual do pavimento.

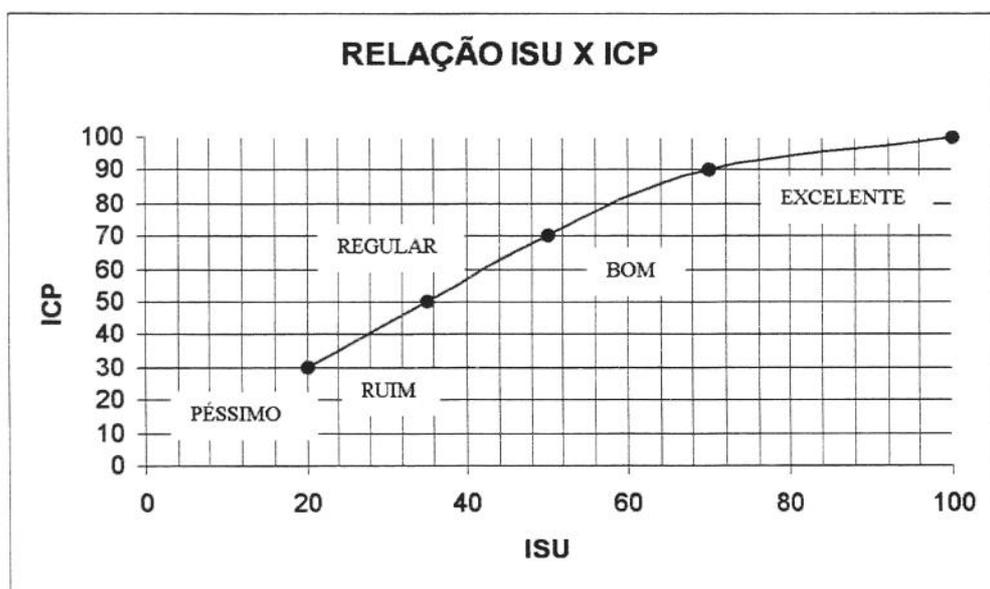


Figura 5.9 – Relação entre ISU e ICP

Considerando o método URMS como sendo para todos os tipos de vias (arterial, coletora e local) e comparando com o método SAR para via arterial e coletora:

GRUPO FUNCIONAL	ICP	SOLUÇÃO SAR	SOLUÇÃO URMS
I	4 - 5	Sem intervenção. Micro concreto a frio. Micro concreto a quente e PMF.	Não fazer nada e manutenção de rotina.
II			
III			
IV	3	Micro concreto aquecido ou Micro concreto a frio em duas camadas.	Recapamento de pequena espessura. Recapamento de média espessura. Manutenção de rotina. Não fazer nada.
V	1 - 2	Recapamento Recuperação de base e recapamento.	Recapamento Reconstrução.
VI			

Tabela 5.10 – Comparação dos métodos

Para via residencial ou local:

GRUPO FUNCIONAL	ICP	SOLUÇÃO SAR	SOLUÇÃO URMS
I	4 - 5	Sem intervenção. Lama asfáltica com polímero.	Não fazer nada e manutenção de rotina.
II			
III			
IV	3	Micro concreto a frio.	Recapamento de pequena espessura. Recapamento de média espessura. Manutenção de rotina. Não fazer nada
V	1 - 2	Micro concreto a frio e Recapamento.	Recapamento Reconstrução.
VI			

Tabela 5.11 – Comparação dos métodos

Para pavimentos em bom estado, admite-se nada fazer nos dois métodos e, quando o pavimento se encontra em estado ruim, ambos os métodos recomendam reconstrução ou

restauração. Portanto, nas situações limites do estado de um pavimento, os dois métodos recomendam iguais procedimentos construtivos para reabilitação.

Para pavimentos em bom estado, o método SAR apresenta a possibilidade de aplicação de micro concreto asfáltico, o método URMS não indica essa alternativa.

Nos pavimentos em estado regular, o método SAR apenas indica procedimentos com finas camadas de micro concreto asfáltico, por outro lado o método URMS para a mesma categoria, prevê o emprego de recapeamento com pequenas espessuras, ou seja, a incorporação de camada estrutural ao pavimento existente.

A partir da análise dos dois métodos estudados, foi possível identificar o seguinte conjunto de parâmetros e variáveis que devem estar contidos em um sistema de gerência de pavimentos urbanos: defeitos, severidade, identificação da seção, dados geométricos dos pavimentos, dados históricos, dados de tráfego e índice de condição.

O método SAR identifica a necessidade do procedimento de reparo exclusivamente a partir dos defeitos existentes, considerando uma divisão funcional das categorias das vias analisadas.

O método URMS considera a necessidade de reparo a partir do ICP, mas também considera dados históricos representativos do quadro degenerativo do pavimento; o método apresenta também uma sistemática que permite a elaboração de uma lista de prioridades de aplicação dos investimentos para reparos nas vias urbanas.

6 DEFEITOS SUPERFICIAIS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

6.1 Introdução

Na maioria das cidades brasileiras, as vias urbanas pavimentadas são, em geral, constituídas por pavimentos flexíveis. Por serem pavimentos flexíveis, seus revestimentos são predominantemente camadas asfálticas e suas camadas de base são compostas por material granular.

Esse tipo de pavimento apresenta deformações quando carregado pelos veículos circulantes. O carregamento desses veículos provoca deformações recuperáveis que tem comportamento elástico ao longo de grande parte da vida útil desses pavimentos.

O processo degenerativo de um pavimento flexível, em geral, pode ser correlacionado com o aumento da magnitude das deformações elásticas e do aparecimento de deformações permanentes nos locais de maior solicitação. Com o passar do tempo, com a passagem repetida do tráfego e influências do meio ambiente, esse pavimento inicia seu processo de deterioração.

Na superfície do pavimento ocorrem defeitos, tais como, trincas e deformações que devem ser classificadas e quantificadas.

O conhecimento da condição em que se encontra o pavimento é essencial para qualquer sistema de gerência de pavimentos. A monitorização periódica dos pavimentos é de grande importância dentro do sistema, pois, só assim, é possível identificar os defeitos em seu estágio inicial, porque dependendo do defeito ele evolui rapidamente.

Conhecer as possíveis causas para a ocorrência de cada defeito é um auxílio útil para o sistema de gerência de pavimentos, pois ajudam na determinação de técnicas de manutenção ou de reabilitação a serem adotadas.

“ Os defeitos de revestimento dos pavimentos, conforme DOMINGUES (4) podem ser diferenciados entre duas classes: Classe Estrutural e Classe Funcional:

- a. Classe Estrutural, quando o defeito é associado à habilidade que o pavimento tem de transportar a carga de projeto;
- b. Classe Funcional, quando o defeito é associado às qualidades do rolamento e da segurança do pavimento.”

Entende-se como defeito estrutural aquele que retrata um estado de degradação no qual a estrutura do pavimento está comprometida. O defeito funcional é aquele que reflete a qualidade de rolamento e segurança dos veículos que trafegam sobre o pavimento, ou seja, esses pavimentos apresentam defeitos superficiais, podendo sua estrutura ainda estar íntegra.

Os defeitos estruturais são, em geral, avaliados através da determinação das deformações recuperáveis. Até cerca de 20 anos atrás essas deformações eram exclusivamente determinadas pela Viga Benkelman.

6.2 Identificação dos Defeitos

A identificação dos defeitos deve auxiliar, depois de feito o levantamento, na identificação das seções que necessitam de reparo imediato ou que necessitam de manutenção preventiva ou de manutenção de rotina.

Vários manuais já foram elaborados na intenção de uniformizar os conceitos sobre ocorrência e possíveis causas de aparecimento dos defeitos.

Os defeitos segundo DOMINGUES (4) podem ser divididos em 6 categorias:

- A. Fissuramento;
- B. Trincamento;
- C. Remendos e Panelas;
- D. Deformações;
- E. Defeitos da Superfície;
- F. Outros defeitos.

É possível encontrar, em anexo, neste trabalho um resumo baseado no Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos (MID) DOMINGUES (4), no qual se relaciona o tipo de defeito, suas causas e níveis de severidade.

É importante conhecer e entender o mecanismo de ocorrência dos vários tipos de defeitos, para se fazer uma avaliação do melhor método para corrigi-los, sem esquecer que alguns dos defeitos têm uma rápida evolução e, quanto antes identificá-los, melhor. O levantamento

desses defeitos é feito em campo, por técnicos que irão anotar em planilhas conforme mostrado no item 5.3 ou por equipamentos especiais, conforme mostrado no item 5.2, nas figuras 5.1 a 5.5.

Importante ressaltar ainda que, depois de feito o levantamento visual dos defeitos encontrados na superfície do pavimento, então são definidas as seções em que serão efetuados os levantamentos objetivos para avaliação da capacidade estrutural, também com equipamentos apropriados. No caso desta pesquisa a avaliação do pavimento foi com a Viga Benkelman.

Em anexo, encontra-se também a identificação dos defeitos, suas características, níveis de severidade e como medi-los, conforme FERNANDES, JR., ODA & ZERBINI (10) retirado de SHRP – Distress Identification for the Long-Term Pavement Performance Studies.

Segundo FERNANDES, JR. et al. (10), o Programa de Pesquisa SHRP considera quinze tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, identificando-os através de fotos e figuras.

- * Trincas por fadiga do revestimento;
- * Trinca em bloco;
- * Trinca nos bordos;
- * Trincas longitudinais;
- * Trincas por reflexão;
- * Trincas transversais;
- * Remendos;
- * Painelas;
- * Deformação permanente;
- * Corrugação;
- * Exudação;
- * Agregados polidos;
- * Desgaste;
- * Bombeamento;
- * Desnível (degrau) entre pista e acostamento.

O ICP (Índice de Condição do Pavimento) é a obtenção, de como o nome já diz, da condição do pavimento, obtido pelos avaliadores, que será calculado através de informações que relatam a deterioração e o nível de severidade dos defeitos em cada seção.

Esse valor varia de 0 a 100 e, quanto mais baixo o valor, pior se encontra o pavimento, então 100 representa o pavimento em excelentes condições.

No Brasil, a forma mais conhecida para se obter essa avaliação é o Índice de Gravidade Global (IGG), normatizado pela Norma DNER-PRO 08/78 (8) – Avaliação Objetiva de Pavimentos Flexíveis, e que será o adotado nessa pesquisa por ser mais familiar e mais usado aos técnicos da área.

A DNER-PRO 08/78 (8) “fixa as condições exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos rodoviários, dos tipos flexíveis e semi-rígidos, mediante a contagem e classificação de ocorrências aparentes, e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.”

Pela norma o IGG é obtido através da Fórmula:

$$IGG = \sum IGI \quad (6.1)$$

Onde:

$\sum IGI$ = somatória dos Índices de Gravidade Individuais.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (6.2)$$

Onde:

F_r = frequência relativa

F_p = fator de ponderação.

Chegando a um valor de IGG, existe uma tabela na norma onde se obtém o conceito da condição do pavimento.

CONCEITO	IGG
BOM	0 – 20
REGULAR	20 – 80
MAU	80 – 150
PÉSSIMO	150 - 500

Tabela 6.1 – Conceito de IGG
Fonte: DNER PRO 08/78

Ainda são tabelados na norma vinte tipos de defeitos encontrados na superfície do pavimento. Também é preciso calcular as flechas medidas nas trilhas de roda interna e trilhas de roda externa em ambas as faixas de tráfego.

As deformações permanentes existentes nos pavimentos são determinadas com o emprego de régua específica, mostrada na foto 6 do apêndice I.

7 MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

7.1 Introdução

A manutenção e reabilitação dos pavimentos é apenas uma parte importante dentro dos sistema de gerência de pavimentos. Nela obtemos informações para a implantação das atividades que deverão ser executadas e informações sobre como essas atividades serão executadas.

Manter os pavimentos em um estado bem próximo de quando foi liberado ao tráfego é uma grande preocupação para os órgãos gestores dos pavimentos.

A manutenção dos pavimentos, quando bem feita, influencia na diminuição de investimentos e reduz ao máximo a necessidade de reabilitação.

Algumas das ações segundo HUDSON & FERNANDES, JR. (14), consideradas nas análises de estratégias de intervenção, em nível de rede:

- a) “Manutenção corretiva: remendos superficiais, reparos localizados, impermeabilização de trincas e outras ações de baixo custo unitário. Para as vias

em boas condições, a manutenção corretiva (ou de rotina) é a melhor maneira de utilização de recurso,

- b) Manutenção preventiva: atividades de manutenção corretiva, rejuvenescimento da capa asfáltica e recapeamentos delgados. Tem por objetivo conter a deterioração em seu estágio inicial;
- c) Ação postergada: apenas execução de remendos inadiáveis. Indicada para seções que estão além do ponto de eficácia da manutenção preventiva, mas que ainda não atingiram a necessidade de reabilitação;
- d) Reforço: atividades de manutenção de rotina e preventiva, recapeamento estrutural e reciclagem. Devem ser objeto de estudos de priorização, uma vez que os recursos disponíveis são, geralmente, inferiores às necessidades;
- e) Reconstrução: remoção e substituição de toda a estrutura do pavimento, melhoria ou instalação de drenagem e melhoramentos de traçado, de segurança e de capacidade de tráfego. Também devem ser objeto de estudo de priorização.”

A estratégia a ser adotada dependerá de uma análise do desempenho do pavimento no decorrer de sua vida em serviço.

Quanto melhor o estado do pavimento, maior é o índice de sua condição (ICP) e portanto, menor será o investimento para sua correção.

Alguns fatores podem influenciar na escolha sobre a alternativa que deverá ser tomada na manutenção e reabilitação:

- Verba disponível;
- Previsão de vida útil se o pavimento for reabilitado;

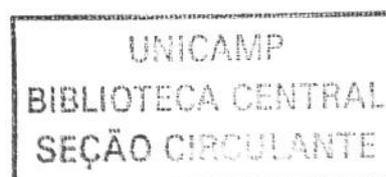
- Disponibilidade de mão-de-obra;
- Disponibilidade de equipamentos;
- Política;
- Definição do local que terá prioridade para a intervenção.

Segundo PREUSSLER (19) “como consequência de uma manutenção deficiente da rede, a título de exemplo, e considerando os critérios internacionais estabelecidos em função da evolução funcional, verificam-se os reflexos abaixo discriminados, quando o estado do pavimento evolui do conceito BOM para o conceito MAU:

- Consumo de combustível: aumento de até 58%;
- Custo de operação dos veículos: aumento de até 38%;
- Tempo de percurso: aumento de até 100%;
- Índice de acidentes: aumento de até 50%.

A manutenção afeta diretamente a vida útil dos pavimentos; se ela é postergada uma maior restauração será necessária em menor tempo. O tipo de manutenção e os gastos que dela irão decorrer estão relacionados com um prévio planejamento e programação de atividades.

A manutenção deve sempre ser capaz de determinar a maneira correta em que as atividades estão sendo executadas e a melhor época em que ela deve ser efetuada para decorrer em menor custo.



7.2 Atividade de Manutenção e Reabilitação

Todas as atividades propostas deverão ser tomadas com a finalidade de tornar mais consistente e racional todo o processo de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

A manutenção deve, sempre, ser executada de um modo mais econômico e, depois de executada, manter o pavimento em um nível de serventia desejado.

O índice de serventia de um pavimento diminui com o passar dos anos e, como já mostraram várias bibliografias, o gasto com sua manutenção deve aumentar, em alguns casos, em até três vezes se a intervenção de manutenção não for feita no tempo correto.

Para FERNANDES, JR. et al. (10) “existem diferenças entre as atividades de manutenção e as atividades de reabilitação de pavimentos. A manutenção tem por objetivo preservar ou manter o período de projeto do pavimento, aumentando pouco o nível de serventia mas evitando a deterioração precoce. A reabilitação, por sua vez, tem o propósito de prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando o nível de serventia próximo ao valor máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração.”

É importante ressaltar que atividades de reabilitação sempre são escolhidas depois de descartadas todas as possibilidades de se usar alguma técnica de manutenção.

Não vamos ressaltar nesse trabalho as técnicas existentes para a manutenção dos pavimentos. Alguns manuais já foram publicados a respeito. Encontra-se em anexo nesse trabalho um exemplo das causas dos defeitos e principais atividades de manutenção encontrados em FERNANDES, JR. et al. (10) que são considerados no programa SHRP.

A manutenção tem como função melhorar a condição da superfície dos pavimentos, sua estrutura e também prevenir a penetração de água nas camadas subjacentes. Ela deve ser feita no

momento oportuno para evitar uma futura deterioração do pavimento e causar perigo à segurança do usuário.

Há duas categorias, segundo HUDSON & FERNANDES, JR. (14), para a manutenção em pavimentos:

1. “Preventiva: (tais como: concretos asfálticos, tratamentos superficiais, lama asfáltica, selagem de trincas, recapeamentos) usados em pavimentos com níveis de deterioração consideráveis acima dos limites aceitáveis;
2. Corretiva: (tais como: pré-misturados a quente ou a frio), usados em pavimentos com níveis de deterioração próximo ou igual ao limite aceitável.”

As atividades de manutenção, segundo FERNANDES, JR. et al. (10), se divide em duas categorias:

- “Remendos – método de reparo mais utilizado na manutenção;
- Capas selantes – Atividades que consistem apenas de ligante asfáltico ou de ligantes com agregados: Selo asfáltico impermeabilizado, tratamentos superficiais, lama selante de emulsão asfáltica ou lama asfáltica.

E dentro das atividades de reabilitação mais utilizadas estão: fresagem, reciclagem, recapeamento estrutural e reconstrução.”

Todas as alternativas de manutenção e reabilitação devem estar claramente identificadas pelo órgão gestor, para que os recursos disponíveis sejam bem aplicados.

8 APLICAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS PROPOSTO

8.1 Informações Coletadas no Campus

Para uma simulação da aplicação do sistema proposto nesse trabalho, como já dito anteriormente, foi tomado o campus da UNICAMP como projeto piloto.

A sistemática de trabalho realizada para tanto será listada a partir de agora:

No preenchimento do banco de dados foram coletadas algumas informações que já foram vistas nos itens anteriores e outras que serão listadas a seguir:

- Foram escolhidas três ruas dentro do campus da universidade, 1 vista como arterial, 1 vista como coletora e outra vista como local. São elas, respectivamente: Bertrand Russel, Albert Einstein e Saturnino de Brito. Para maior facilidade de arquivamento, suas abreviações foram escolhidas como: nas ruas principais (as que estão sendo avaliadas), as três primeiras letras em maiúsculo e nas ruas secundárias as três primeiras letras em minúsculo. Dessa maneira é fácil identificar a rua que está sendo avaliada.

NOME DAS RUAS PRINCIPAIS

BERTRANO RUSSEL	BTR
ALBERT EINSTEIN	ABE
SATURNINO DE BRITO	STB

NOME DAS RUAS SECUNDÁRIAS

Elis Regina	elr
Carlos Gomes	clg
Cora Coralina	crc
Cláudio Abramo	cla
Pitágoras	pit
Lev Landau	lvl
Mendeleyev	mdl
Josué de Castro	jsc
Monteiro Lobato	mtl
Charles Darwin	chd
Carl Von Linnaeus	cvl
Avenida André Tosello	adt
Avenida Érico Veríssimo	erv
Praça Carlos Drummond de Andrade	pcd
Avenida James C. Maxuel	jcm

Os dados geodésicos foram obtidos no programa Autocad existente na prefeitura do campus e suas coordenadas adotadas da seguinte maneira, para que não ocorresse sobreposição:

- Na rua principal, as coordenadas foram adotadas de centro a centro, como mostrado no desenho, e nas ruas secundárias também no bordo central, mas apenas até o início da interseção com a rua principal.

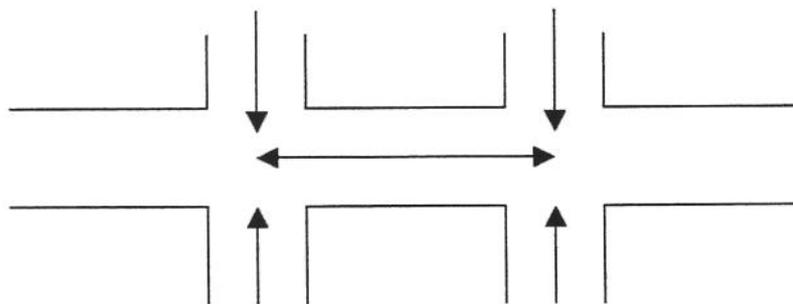


Figura 8.1 - Esquema adotado para as coordenadas

- O número, a largura das faixas e os defeitos foram obtidos no local; as abreviações dos defeitos foram adotadas conforme a Norma DNER-PRO 08-78 (8);
- Tipo de pavimento, ano de construção e dados construtivos na prefeitura;
- Ação necessária, conforme anexos III deste trabalho;
- IGG, conforme norma DNER-PRO 08-78 (8)
- Deformação: com a viga Benkelman;
- Dados de tráfego e interferência subterrânea: não foram encontrados dados.

8.2 Avaliação Objetiva

A avaliação objetiva dos pavimentos é baseada na quantidade dos defeitos apresentados no pavimento, pela classificação de sua ocorrência e também mediante a medidas de deformações permanentes.

A avaliação objetiva é feita para avaliar as condições estruturais dos pavimentos e uma das maneiras mais conhecidas é através de medidas de deflexão.

A medida de deflexão é a determinação da deformação elástica que resulta da aplicação de cargas pré-determinadas e normatizadas, no pavimento.

Conforme PAIVA & CAUSIM (17) “com a determinação das deformações elásticas é possível verificar se o desempenho do pavimento está dentro de um padrão aceitável, e se sua função estrutural ainda é adequada. Podendo assim fazer uma programação de restauração, caso seja necessário, tendo como prioridade os locais onde o pavimento está gravemente afetado, ou então, o pavimento demanda correção que melhore o seu índice de conforto para o usuário.”

Nesse trabalho, a avaliação estrutural foi feita em quatro pontos do pavimento, o que permite a determinação do raio de curvatura através de fórmulas específicas e de caracterização do estado estrutural do pavimento.

Para a obtenção das bacias de deflexão, as deformações recuperáveis serão medidas baseadas na norma DNER-ME 24/78 (7), e conforme FABRÍCIO, GONÇALVES & FABRÍCIO (9), com quatro medidas suplementares correspondentes aos deslocamentos da carga de um caminhão com 8,2 toneladas no eixo simples traseiro de rodagem dupla do ponto inicial, a uma distância de aproximadamente até 1,20 ou 1,50m.

No levantamento executado no campus da universidade foram utilizadas quatro determinações em cada quarteirão, alternadas entre bordo direito e bordo esquerdo da rua.

8.3 A BACIA DE DEFLEXÃO

A bacia de deflexão determina o deslocamento que o pavimento apresenta quando é submetido à passagem de cargas repetidas sobre o mesmo.

A escolha da viga Benkelman nesse trabalho deve-se ao fato de que ela permite a determinação de deformações em vários pontos, a partir das quais se pode calcular, posteriormente, o raio de curvatura da bacia e outros parâmetros de avaliação estrutural do pavimento estudado.

A viga Benkelman é um equipamento que permite medir a deflexão recuperável do pavimento através de processo não-destrutivo.

O equipamento é acomodado entre o par de rodas do eixo traseiro de um caminhão, ora no bordo interno, ora no bordo externo da via. É através do eixo traseiro que o veículo transmite a carga ao pavimento.

Conforme o veículo se afasta da viga, faz-se a leitura no extensômetro acoplado na mesma.

As deformações no caso do presente estudo foram determinadas da forma seguinte:

- ❖ Logo que a viga é colocada entre as rodas do caminhão (L0), depois,
- ❖ A 20 cm (L20),
- ❖ A 40 cm (L40),
- ❖ A 60 cm (L60),
- ❖ A 90 cm (L90),

- ❖ A 120 cm (L120) e finalmente quando o caminhão se afasta (Lf).

Com esses pontos é possível calcular a deformação e o raio de curvatura da bacia e assim a influência que exerce em cada camada.

Após a determinação do raio de curvatura (R), foram estabelecidos outros parâmetros de caracterização do estado dos pavimentos estudados. Foram calculados os valores de RxD e R/D afim de permitir as avaliações desejadas.

Um modo de relacionar, segundo SOUZA, SUZUKI & NAGAO (23), “a deformação e raio de curvatura com a vida remanescente do pavimento, vem a ser importante instrumento, pelo menos em nível preliminar, para se definir uma eventual alternativa de intervenção ou prioridades dentro de um Sistema de Gerência de Pavimentos.”

Segundo PAIVA(16), “a definição da constituição da forma da Bacia caracteriza-se pelas diferenças entre duas deformações contíguas:

$$D_i = z_x - z_{xant}; \text{ com: } (8.1)$$

$$i = 1 \text{ a } 7;$$

$$x = 0 \text{ a } 120 \text{ ou } 150, \text{ conforme espaçamento entre as medidas consideradas;}$$

$$D_i = \text{diferença entre as duas deformações;}$$

$$Z_x = \text{deformação do ponto } i \text{ que ocorre na superfície do pavimento.}”$$

Conforme a norma DNER-ME 24/78 (7), “a deflexão do pavimento no ponto de prova é calculada por:

$$D_0 = (L_0 - L_f) a/b \quad (8.2)$$

Onde:

D_0 = deflexão real ou verdadeira, em centésimo de milímetros;

L_0 = leitura inicial, em centésimo de milímetros;

L_f = leitura final, em centésimo de milímetros;

a e b = dimensões da viga.

O cálculo do raio de curvatura pela norma DNER-ME 24/78 (7) é:

$$R = 6250/2(D_0 - D_{25}) \quad (8.3)$$

Onde:

R = raio de curvatura, em metros;

D_0 = deflexão real ou verdadeira, em centésimo de milímetros;

D_{25} = deflexão a 25 cm do ponto de prova, em centésimo de milímetros.”

Mas neste trabalho utilizamos o raio de curvatura baseado em PAIVA (16) e é dado por:

$$R = 4000/2(D_0 - D_{20}) \quad (7.4)$$

Onde:

R = raio de curvatura, em metros;

D_0 = deflexão real ou verdadeira, em centésimo de milímetros;

D_{20} = deflexão a 20 cm do ponto de prova, em centésimo de milímetros;

8.4 Avaliação do Experimento Executado

Em função dos defeitos observados para o presente caso, não seria necessário a realização da determinação das deformações nas vias citadas. Porém, para levantamento da produtividade e de posterior alimentação desses dados no arquivo, o levantamento foi realizado.

O levantamento da bacia de deformação feito no campus da UNICAMP, em três vias:

- AVENIDA BERTRAND RUSSEL com tráfego de veículos pesados (ônibus e caminhão);
- RUA SATURNINO DE BRITO com tráfego leve (veículos de passeio);
- AVENIDA ALBERT EINSTEIN via dupla (tráfego médio).

O pavimento existente nessas ruas possuem os mesmos dados construtivos, chamado pela prefeitura do campus: Pavimento tipo III-CA.

CAMADA	TIPO	UNIDADE
CAPA	CONCRETO ASFÁLTICO	3 cm
	PINTURA LIGANTE	1 Kg/m ²
CAMADA DE LIGAÇÃO	BINDER	4 cm
	PINTURA LIGANTE	1 Kg/m ²
	IMPRIMADURA IMPERMEABILIZANTE	1,5 Kg/m ²
BASE	BRITA GRADUADA	15 cm
SUB-BASE	COMPACTADA A 95% DO PROCTOR SIMPLES	35 l/m ² DE PEDRA N° 4
PREPARO DO SUBLEITO	COMPACTADA A 95% DO PROCTOR SIMPLES CBR= 10%	

Tabela 8.1 – Constituição do pavimento tipo III do campus da UNICAMP

O sistema viário do campus é rodoconcêntrico e as ruas escolhidas são paralelas, embora nem todas são cortadas pelas mesmas travessas.

Na rua Saturnino de Brito, as medidas foram tiradas sempre no bordo interno da pista, alternando o caminhão entre o lado direito e o lado esquerdo da via. É uma via de mão única e, conseqüentemente, o tráfego se concentra no centro da pista. O mesmo sistema foi usado na avenida Albert Einstein nos dois sentidos, exceto entre as ruas Josué de Castro e Monteiro Lobato, onde as medidas foram tiradas no centro da pista, alternando entre bordo interno e bordo externo devido ao grande número de veículos estacionados.

Na avenida Bertrand Russel as medidas foram também tiradas com o caminhão no centro da pista e as leituras feitas no bordo interno e bordo externo alternadamente, nos dois sentidos de tráfego. Isso pode ser acompanhado pelo apêndice I, onde foram tiradas fotos durante o levantamento no campus feito com a viga Benkelman. No campus, os defeitos encontrados não mostraram nenhuma gravidade, eles foram avaliados e medidos conforme anexo II. A tabela a seguir mostra a relação dos defeitos encontrados no campus da universidade.

TRECHO	DEFEITOS
STBadt/ver	Fissura baixa incidência
STBadt/ver	Fissura baixa incidência
STBadt/ver	Fissura baixa incidência, Remendo (passagem transversal)
STBadt/ver	Fissura baixa incidência
ABEcla/pit	Fissura baixa incidência
ABEcla/pit	Fissura média incidência, trinca jacaré, trinca de bordo
ABEcla/pit	Fissura baixa incidência
ABElvl/mdl	Trincas média, desgaste médio
ABElvl/mdl	Fissura baixa incidência, remendo (passagem transversal)
ABElvl/mdl	Fissura baixa incidência
ABElvl/mdl	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
ABElvl/mdl	Trinca jacaré média, desgaste superficial, Fissura baixa incidência
ABElvl/mdl	Fissura baixa incidência
ABEjsc/mtl	Fissura baixa incidência
ABEjsc/mtl	Fissura baixa incidência

Tabela 8.2 – Defeitos encontrados no campus da unicamp

TRECHO	DEFEITOS
ABEjsc/mtl	Fissura baixa incidência, desgaste superficial baixo
ABEjsc/mtl	Fissura baixa incidência, desgaste superficial baixo, remendo
ABEmtl/jsc	Fissura baixa incidência
ABEmtl/jsc	Fissura baixa incidência
ABEjsc/mdl	Fissura baixa incidência
ABEjsc/mdl	Fissura baixa incidência
ABEjsc/mdl	Fissura baixa incidência
ABElvl/pit	Fissura baixa incidência
ABElvl/pit	Fissura baixa incidência
ABElvl/pit	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
ABElvl/pit	Fissura baixa incidência
BTRclg/crc	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
BTRclg/crc	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
BTRclg/crc	Fissura baixa incidência, trecho recapeado, trinca transversal média
BTRclg/crc	Fissura baixa incidência
BTRcla/pit	Fissura baixa incidência, trinca em bloco, trecho recapeado
BTRcla/pit	Fissura baixa incidência
BTRcla/pit	Fissura baixa incidência
BTRcla/pit	Fissura baixa incidência, trinca jacaré
BTRlvl/mdl	Fissura baixa incidência, afundamento com trinca jacaré
BTRlvl/mdl	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
BTRlvl/mdl	Fissura baixa incidência
BTRlvl/mdl	Fissura baixa incidência
BTRlvl/mdl	Fissura baixa incidência
BTRjsc/mtl	Fissura baixa incidência
BTRchd/mtl	Fissura baixa incidência
BTRchd/mtl	Fissura baixa incidência
BTRchd/mtl	Fissura baixa incidência, trinca transversal e longitudinal alta, trinca em bloco média
BTRjsc/mdl	Fissura baixa incidência, trinca em bloco média
BTRjsc/mdl	Fissura baixa incidência
BTRjsc/mdl	Fissura baixa incidência, trecho recapeado, início de trinca em bloco
BTRlvl/pit	Fissura baixa incidência
BTRlvl/pit	Fissura baixa incidência
BTRlvl/pit	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
BTRlvl/pit	Fissura baixa incidência
BTRcla/crc	Fissura baixa incidência
BTRcla/crc	Fissura baixa incidência, trecho recapeado
BTRcla/crc	Fissura baixa incidência
BTRcla/crc	Fissura baixa incidência

Tabela 8.2 – Defeitos encontrados no campus da unicamp

As avaliações feitas com a viga Benkelman nos permitiu chegar aos seguintes resultados:

TRECHO	D0	D20	D40	D60	D90	D120	R	RxD0
STBadt/ver	42	38	16	8	4	2	498	21000
STBadt/ver	90	66	50	34	26	18	83	7500
STBadt/ver	81	69	43	25	20	7	166	13533
STBadt/ver	106	62	42	32	20	10	45	4818
STBadt/ver	86	72	58	42	30	26	142	12285
STBadt/ver	118	86	62	38	22	10	62	7375
STBadt/ver	128	92	56	38	24	12	55	7111
STBadt/ver	50	32	14	10	6	2	110	5555
ABEcla/pit	26	24	20	10	6	2	997	26000
ABEcla/pit	28	20	10	6	4	2	249	7000
ABEcla/pit	36	28	12	8	6	4	24988	9000
ABElvl/mdl	20	18	16	14	10	2	997	20000
ABElvl/mdl	10	6	4	4	2	0	498	5000
ABElvl/mdl	24	20	16	10	8	6	498	12000
ABElvl/mdl	84	48	42	32	10	6	55	4666
ABElvl/mdl	54	44	20	12	8	4	199	10800
ABElvl/mdl	72	52	32	18	12	4	99	7200
ABEjsc/mtl	58	40	26	20	12	4	110	6444
ABEjsc/mtl	56	30	16	10	6	4	76	4307
ABEjsc/mtl	36	16	6	4	1	0	99	3600
ABEjsc/mtl	18	8	6	4	2	2	199	3600
ABEmtl/jsc	40	30	24	16	10	2	199	8000
ABEmtl/jsc	60	44	20	10	6	2	124	7500
ABEjsc/mdl	76	46	26	16	10	6	66	5066
ABEjsc/mdl	6	4	2	1	1	1	997	6000
ABEjsc/mdl	8	6	4	3	3	2	997	8000
ABElvl/pit	24	20	16	12	8	4	498	12000
ABElvl/pit	30	24	20	16	10	6	332	10000
ABElvl/pit	48	34	18	14	10	6	142	6857
ABElvl/pit	50	36	24	18	8	4	142	7142
BTRclg/crc	64	44	22	16	10	4	99	6400
BTRclg/crc	52	36	30	16	10	6	124	6500
BTRclg/crc	92	64	28	12	8	4	71	6571
BTRclg/crc	60	48	28	18	12	4	166	10000
BTRcla/pit	46	32	20	12	8	4	142	6571
BTRcla/pit	120	88	44	18	6	2	62	7500
BTRcla/pit	84	64	48	28	10	2	99	8400
BTRcla/pit	90	56	36	14	6	2	58	5294
BTRlvl/mdl	62	44	28	16	8	4	110	6888
BTRlvl/mdl	78	60	32	18	8	4	110	8666
BTRlvl/mdl	40	26	12	6	4	2	142	5714
BTRlvl/mdl	36	22	12	6	4	2	142	5142

Tabela 8.3 – Resultados obtidos no levantamento com a viga Benkelman

TRECHO	D0	D20	D40	D60	D90	D120	R	RxD0
BTRlvl/mdl	78	54	34	24	14	12	83	6500
BTRjsc/mtl	54	50	34	18	10	6	498	27000
BTRjsc/mtl	58	48	34	20	10	6	199	11600
BTRjsc/mtl	42	38	30	26	18	14	498	21000
BTRjsc/mtl	54	42	22	6	2	2	166	9000
BTRchd/mtl	60	54	28	12	6	2	332	20000
BTRchd/mtl	40	36	24	8	4	2	498	20000
BTRchd/mtl	44	24	10	6	4	2	99	4400
BTRjsc/mdl	98	74	38	22	12	8	83	8166
BTRjsc/mdl	40	32	18	10	6	2	249	10000
BTRjsc/mdl	64	56	28	16	8	4	249	16000
BTRlvl/pit	54	36	18	8	4	2	110	6000
BTRlvl/pit	62	50	30	24	20	10	166	10333
BTRlvl/pit	92	36	26	16	8	4	35	3285
BTRlvl/pit	60	48	36	24	16	12	166	10000
BTRcla/crc	32	28	24	18	14	10	498	16000
BTRcla/crc	64	56	44	36	28	20	249	16000
BTRcla/crc	64	52	44	36	28	16	166	10666
BTRcla/crc	70	60	32	20	12	8	199	14000

Tabela 8.3 - Resultados obtidos no levantamento com viga Benkelman (continuação)

As inspeções visuais foram baseadas na quantificação dos defeitos e sua frequência de ocorrência em paralelo aos trechos levantados com a viga Benkelman, sendo encontrado dados, na maioria dos trechos, satisfatórios e, em poucos trechos, pequenos problemas de maior gravidade.

Para a avaliação da condição em que se encontra o pavimento a partir do levantamento da bacia de deformação, esse estudo foi baseado em trabalhos já realizados que fornecem análises dos levantamentos através do produto RxD.

Nas figuras de 8.2 a 8.7 são mostrados os valores dos raios de curvatura e dos produtos RxD obtidos para as três ruas estudadas.

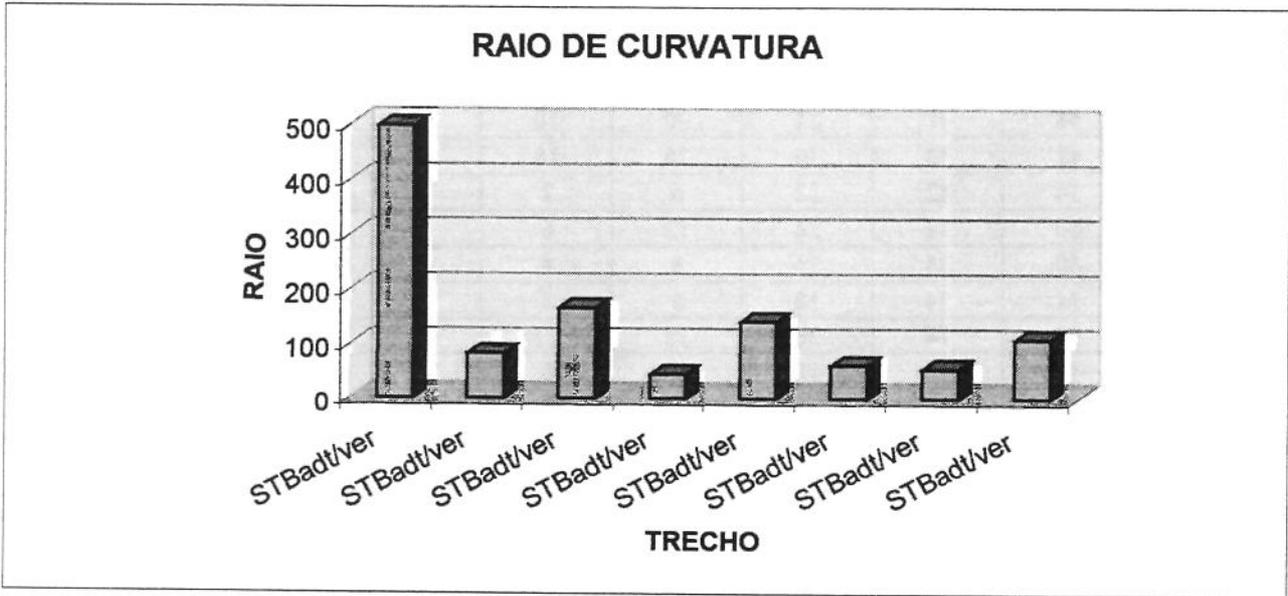


Figura 8.2- Raio de curvatura Rua Saturnino de Brito

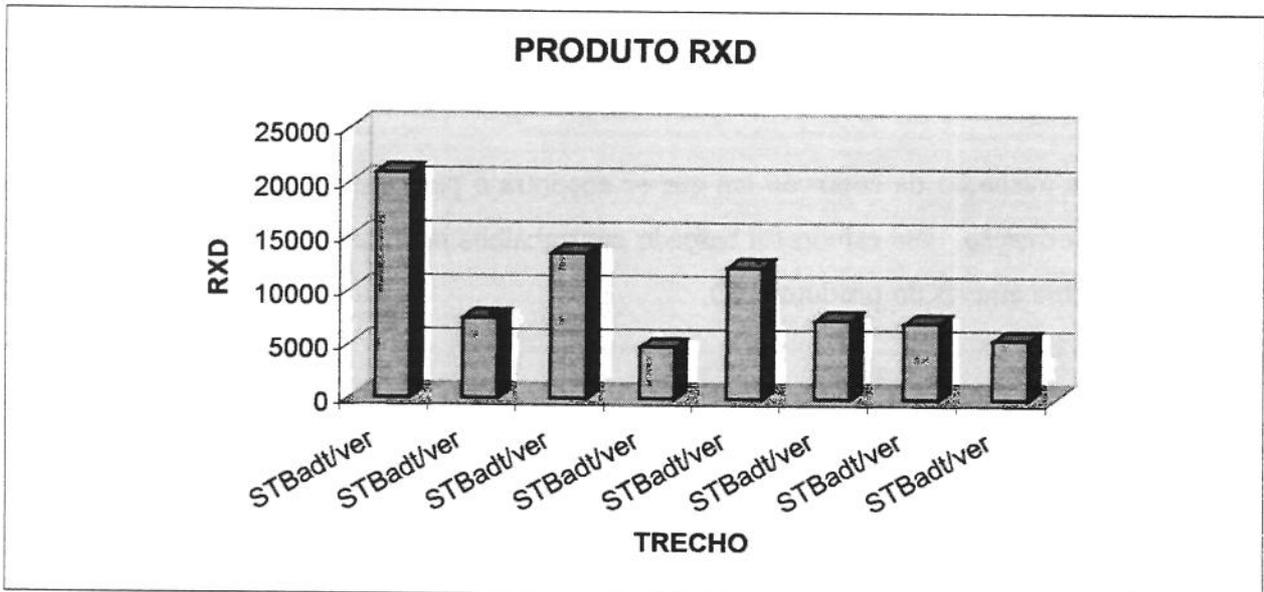


Figura 8.3 - Produto RXD Rua Saturnino de Brito

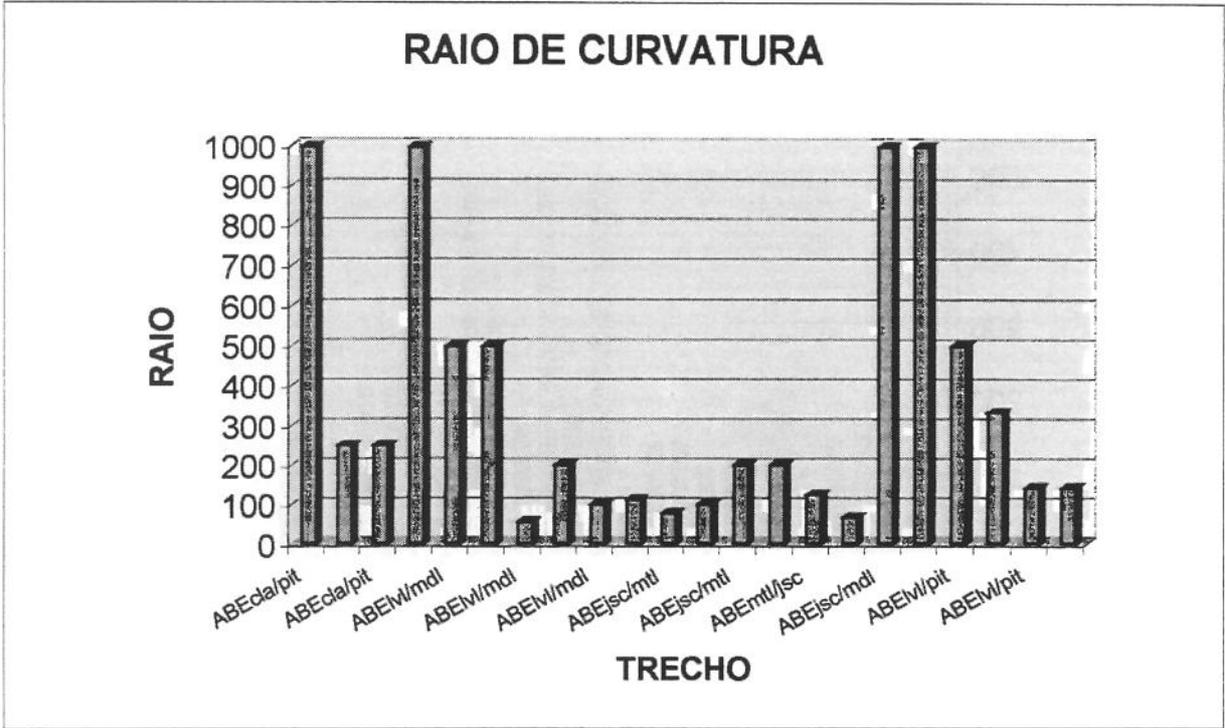


Figura 8.4 - Raio de curvatura Avenida Albert Einstein

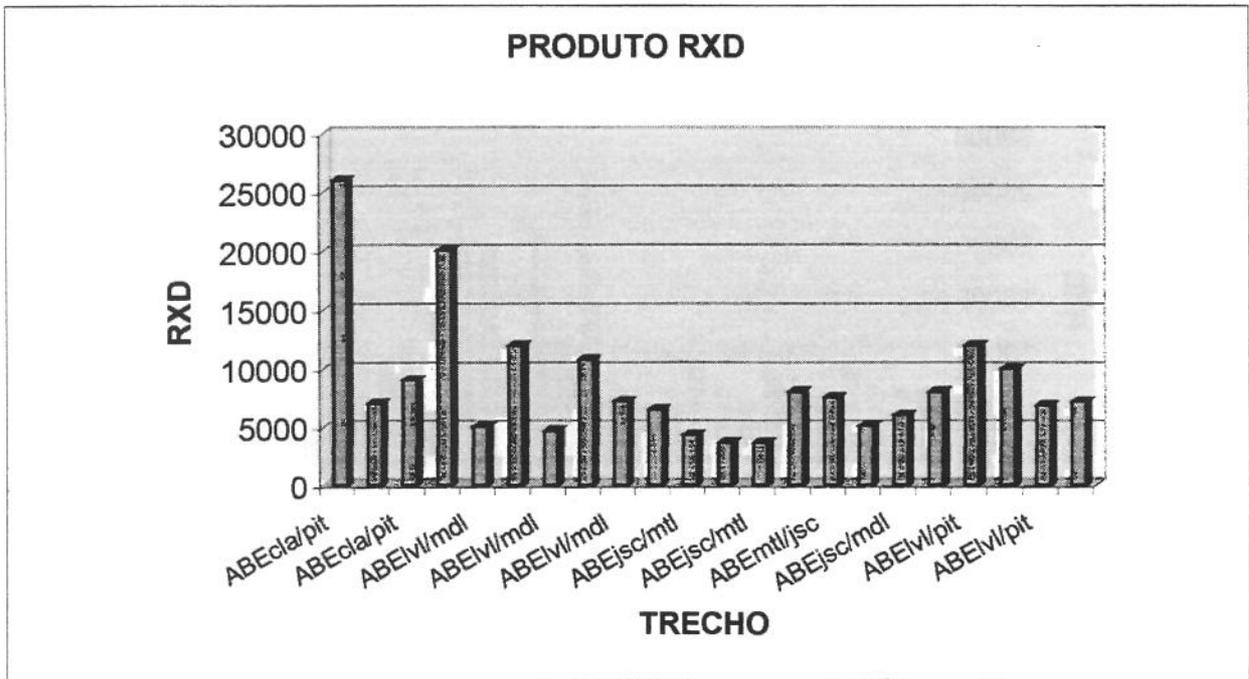


Figura 8.5 – Produto RxD Avenida Albert Einstein

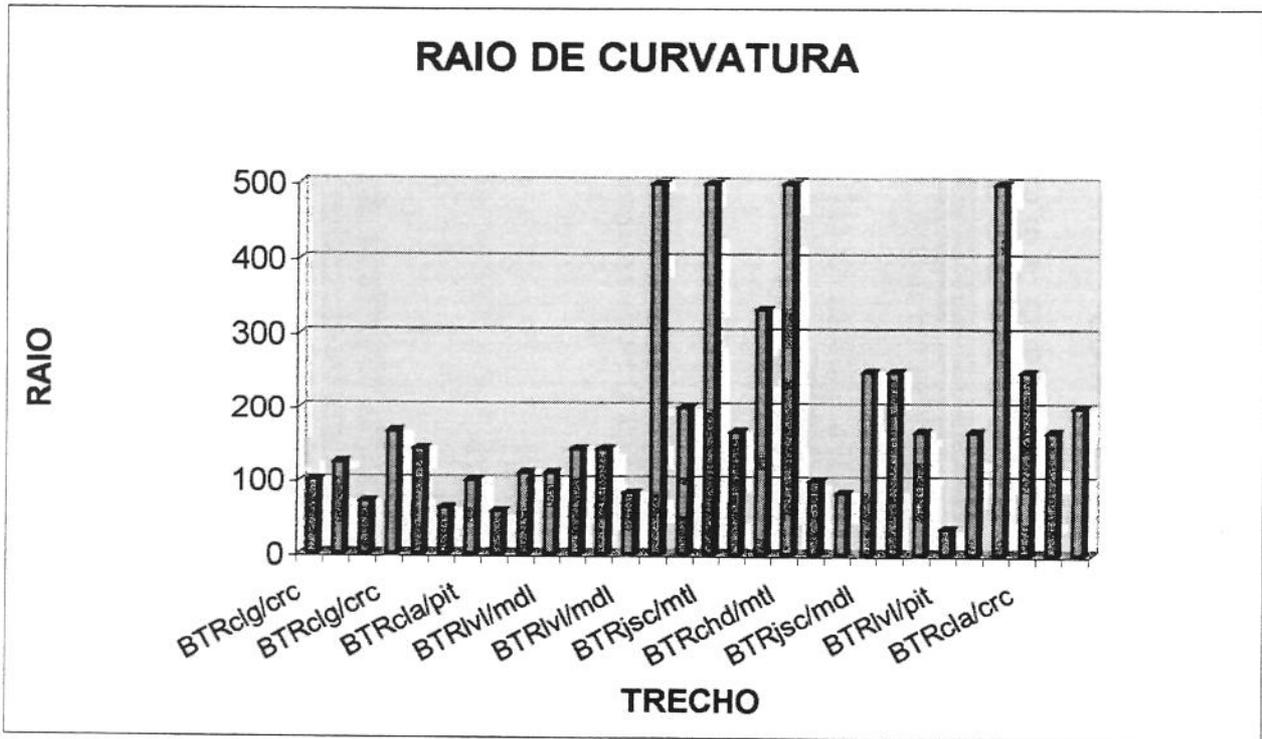


Figura 8.6 – Raio de curvatura Avenida Bertrand Russell

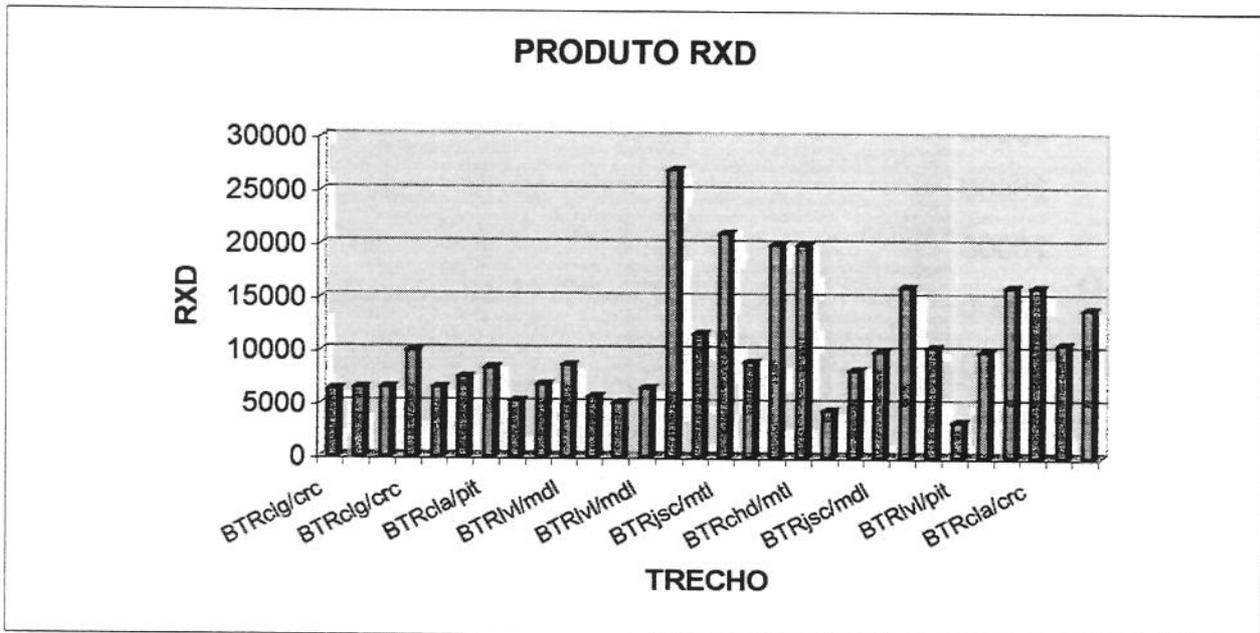


Figura 8.7 - Produto RXD Avenida Bertrand Russell

De forma a elaborar um diagnóstico do estado de degeneração do pavimento das vias estudadas através de critérios consagrados para esse fim na comunidade técnica brasileira, foram desenvolvidas em três etapas a identificação dos pontos onde ocorreu: raio de curvatura inferior a 100 m, produto RXD inferior a 5.500 conforme AUTRET (1) e os pontos onde ocorreram a concumitância dos dois critérios anteriores.

Esses pontos identificados foram considerados críticos e foram então correlacionados aos defeitos visuais observados por ocasião da inspeção visual respectiva. Essas correlações são mostradas no quadro 2.

RUA	TRECHO	RAIO <100	RXD < 5500	DEFEITOS SUPERFICIAIS OBSERVADOS
Rua Saturnino de Brito	1.2	83	-	fissuras de baixa incidência
	1.4	45	4818	fissuras de baixa incidência
	1.6	62	-	fissuras de baixa incidência
	1.7	55	-	fissuras de baixa incidência
Av. Albert Einstein	2.5	-	5000	fissuras de baixa incidência, remendo transversal, recapeamento
	2.7	55	4666	Trecho recapeado
	2.9	99	-	Trecho recapeado
	2.11	76	4307	fissuras de baixa incidência e desgaste superficial
	2.12	99	3600	fissuras de baixa incidência e desgaste superficial
	2.13	-	3600	fissuras de baixa incidência e desgaste superficial, remendo transversal
	2.16	66	5066	fissuras de baixa incidência (pto de ônibus)
Av. Bertrand Russell	3.1	99	-	trecho recapeado, fissuras transversais média (pto ônibus)
	3.3	71	-	fissuras de baixa incidência
	3.6	62	-	fissuras de baixa incidência, trincas em bloco tipo jacaré
	3.7	99	-	
	3.8	58	5294	
	3.12	-	5142	fissuras de baixa incidência
	3.13	83		fissuras de baixa incidência (pto ônibus)
	3.20	-	4400	trincas transversais e longitudinais em bloco
	3.21	83	-	fissuras de baixa incidência, trinca em bloco média incidência
	3.25	35	3285	recapeamento com fissuras de baixa incidência

Tabela 8.4 - Segmentos críticos das ruas estudadas

O pavimento, principalmente, devido à espessura da capa asfáltica, apresenta vários pontos onde a bacia de deformação tem raio inferior a 100m. Devido à pequena espessura dessa

capa ela, sem dúvida nenhuma, deve desenvolver intensamente as deformações recuperáveis cíclicas motivadas pelo tráfego. Os locais onde existe a ocorrência desse fato (raio menor 100m), aumenta em número na mesma proporção em que as vias consideradas apresentam maior carregamento de tráfego.

Os defeitos superficiais observados, em geral, apresentam-se em baixa frequência, não exigindo serviços de reparo a curto prazo.

O Índice de Gravidade Global (IGG) feito pela Norma DNER-PR 08-78 resultou em:

	BERTRAND RUSSELL	ALBERT EINSTEIN	SATURNINO DE BRITO
IGG	34,96	37,96	8,56
CONCEITO	REGULAR	REGULAR	BOM

Tabela 8.5 - IGG obtido nas ruas estudadas conforme norma DNER-PRO 08-78 (8)

O Índice de Serventia Urbana (ISU) visto no item 5.3.1 – Método novas diretrizes para um plano de gestão viária resultou em:

RUA	TRECHO	ISU	CONCEITO
STB	adt/ver	93,3	Muito Bom
ABE	cla/pit	82,2	Muito Bom
	lvl/mdl	75,5	Muito Bom
	jsc/mtl	93,3	Muito Bom
	mtl/jsc	95,5	Muito Bom
	jsc/mdl	95,5	Muito Bom
	lvl/pit	95,5	Muito Bom
BTR	clg/crc	86,6	Muito Bom
	cla/pit	91,1	Muito Bom
	lvl/mdl	82,2	Muito Bom
	jsc/mtl	95,5	Muito Bom
	chd/mtl	73,3	Muito Bom
	jsc/mdl	91,1	Muito Bom
	lvl/pit	95,5	Muito Bom
	cla/crc	95,5	Muito Bom

Tabela 8.6 - Conceitos de ISU

O Índice da Condição do pavimento (ICP) visto no item 5.3.1.2 – Método Urms (Urban Roadway Management System) resultou em:

RUA	TRECHO	ICP	CONCEITO
STB	adt/ver	5	Excelente
ABE	cla/pit	4	Bom
	lvl/mdl	5	Excelente
	jsc/mtl	5	Excelente
	mtl/jsc	5	Excelente
	jsc/mdl	5	Excelente
	lvl/pit	5	Excelente
BTR	clg/crc	4	Bom
	cla/pit	4	Bom
	lvl/mdl	5	Excelente
	jsc/mtl	5	Excelente
	chd/mtl	5	Excelente
	jsc/mdl	4	Bom
	lvl/pit	5	Excelente
	cla/crc	5	Excelente

Tabela 8.7 - Conceitos de ICP

Também como requisito acadêmico, foi feita a retroanálise dos resultados obtidos nas avaliações feitas com a viga Benkelman. A retroanálise foi feita com o programa Elsym-5 disponível no campus para a pesquisa. Segundo RUTH & FERNANDES, JR. (20) “ a retroanálise consiste na busca iterativa da combinação de módulos das camadas que melhor aproxima as deflexões calculadas das deflexões medidas”.

Os resultados obtidos com o programa ELSYM-5 foram:

TRECHO	MÓDULOS (Kgf/cm²)		
BTR	10.000	2.300	1350
ABE	31.000	4.000	2.100
STB	35000	2.500	475

Tabela 8.8 - Resultados obtidos com o programa Elsym-5

A seguir, são apresentadas as tabelas preenchidas com os dados obtidos nos levantamentos de campo e trabalhos de pesquisa na prefeitura do campus.

8.5 PLANILHA PREENCHIDA

DATA		28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000
RUA		BTR	BTR	BTR	BTR	BTR
TRECHO		clg/crc	cla/pit	lvl/mdl	jsc/mtl	chd/mtl
ESTACA						
DADOS GEOD.	X	287606,3465	287872,997	287987,1604	287882,4238	287619,0221
	Y	7475650,853	7475545,65	7475282,715	7475016,5442	7474901,901
	X	287750,134	287956,229	287961,0804	287761,845	287761,845
	Y	7475624,773	7475425,538	7475138,927	7474932,832	7474932,832
NUM. FAIXAS		2	2	2	2	2
LARG. DE FAIXAS		6	6	6	6	6
TIPO DE PAVMTO		FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL
ANO DE CONST.		1977	1977	1972	1972	1972
DADOS CONSTRUT.		TipIII - CA	TipIII - CA	TipIII - CA	TipIII - CA	TipIII - CA
ÚLTIMA REABILIT.						
DEFEITOS		TTC	FI	FI	FI	FI
		FI	J	ALP		J
						TTC
						TLC
R	(menor)	71,28	58,70	83,16	166,32	99,79
	(maior)	92,18	166,32	142,56	498,97	498,97
R/D	(menor)	6400	6571,42	5142,85	9000	4400
	(maior)	10000	8400	8666,67	27000	20000
AÇÃO NECES.		Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd
IGG		34,96				
DADOS DE TRÁF.	VOLUME					
	% VEÍC. PESADOS					
INTERF. SUBTER	TELEFONIA					
	SANEAM.					
	ELÉTRICA					

Tabela 8.9 – Banco de dados – Planilha com dados da avenida Bertrand Russell

DATA		28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	
RUA		BTR	BTR	BTR	
TRECHO		jsc/mdl	lvl/pit	cla/crc	
ESTACA					
DADOS GEOD.	X	287882,423	287987,160	287872,9973	
	Y	7475016,544	7475282,715	7475545,653	
	X	287961,080	287956,229	287750,1347	
	Y	7475138,927	7475425,538	7475624,773	
NUM. FAIXAS		2	2	2	
LARG. DE FAIXAS		6	6	6	
TIPO DE PAVMTO		FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	
ANO DE CONST.		1972	1977	1977	
DADOS CONSTRUT.		TipIII-CA	Tip III-CA	Tip III-CA	
ÚLTIMA REABILIT.					
DEFEITOS		FI	FI	FI	
		J			
R	(menor)	83,16	35,64	166,32	
	(maior)	249,48	166,32	498,97	
R/D	(menor)	8166,67	3285,71	10666,67	
	(maior)	16000	10333,33	16000	
AÇÃO NECES.		Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	
IGG				34,96	
DADOS DE TRÁF.	VOLUME				
	% VEÍC. PESADOS				
INTERF. SUBTER	TELEFONIA				
	SANEAM.				
	ELÉTRICA				

Tabela 8.9 – Banco de dados – Planilha com dados da avenida Bertrand Russell (continuação)

DATA		28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000
RUA		ABE	ABE	ABE	ABE	ABE
TRECHO		cla/pit/	lvl/mdl	jsc/mtl	mtl/jsc	jsc/mdl
ESTACA						
DADOS GEOD.	X	287872,9973	288228,837	287986,2793	287811,0403	287986,2793
	Y	7475545,653	7475286,805	7474916,503	7474819,527	7474916,503
	X	288198,5932	288144,5431	287811,0403	287986,2793	288144,5431
	Y	7475530,768	7475066,546	7474819,527	7474916,503	7475066,546
NUM. FAIXAS		2	2	2	2	2
LARG. DE FAIXAS		8	8	8	8	8
TIPO DE PAVMTO		FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL	FLEXÍVEL
ANO DE CONST.		1989	1972	1972	1972	1972
DADOS CONSTRUT.		TipIII-CA	TipIII-CA	TipIII-CA	TipIII-CA	TipIII-CA
ÚLTIMA REABILIT.						
DEFEITOS		FI	TTC	FI	FI	FI
		J	D	D		
		TRR	R	R		
			FI			
			J			
R	Menor	249,48	55,44	76,76	124,74	66,53
	Maior	997,95	498,97	199,59	199,59	997,95
R/D	Menor	7000	4666,67	3600	7500	6000
	Maior	26000	20000	6444,44	8000	8000
AÇÃO NECES.		Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd
IGG		37,96				
DADOS DE TRÁF.		VOLUME % VEÍC. PESADOS				
INTERF. SUBTER	TELEFONIA					
	SANEAM.					
	ELÉTRICA					

Tabela 7.8 – Banco de dados – Planilha com dados da avenida Albert Einstein

DATA		28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000	28/6/2000
RUA		ABE				
TRECHO		lv/pit				
ESTACA						
DADOS GEOD.	X	288288,837				
	Y	7475286,805				
	X	288198,5932				
	Y	7475530,768				
NUM. FAIXAS		2				
LARG. DE FAIXAS		8				
TIPO DE PAVMTO		FLEXÍVEL				
ANO DE CONST.		1989				
DADOS CONSTRUT.		TipIII-CA				
ÚLTIMA REABILIT.						
DEFEITOS		FI				
R		Menor 142,56				
		Maior 498,97				
R/D		Menor 6857,14				
		Maior 12000				
AÇÃO NECES.		Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd	Ñ fazer nd
IGG		37,96				
DADOS DE TRÁF.		VOLUME % VEÍC. PESADOS				
INTERF. SUBTER		TELEFONIA				
		SANEAM.				
		ELÉTRICA				

Tabela 8.9 – Banco de dados – Planilha com dados da avenida Albert Einstein (continuação)

RUA		STB			
TRECHO		adt/ver			
ESTACA					
DADOS GEOD.	X	288321,751			
	Y	7475183,117			
	X	288221,3407			
	Y	7475723,311			
NUM. FAIXAS		1			
LARG. DE FAIXAS		8			
TIPO DE PAVMTO		FLEXÍVEL			
ANO DE CONST.		1989			
DADOS CONSTRUT.		TipIII-CA			
ÚLTIMA REABILIT.					
DEFEITOS		FI			
		R			
R	Menor	45,36			
	Maior	498,97			
RXD	Menor	4818,18			
	Maior	21000			
AÇÃO NECES.		Ñ fazer nd			
IGG			8,56		
DADOS DE TRÁF.	VOLUME				
	% VEÍC. PESADOS				
INTERF. SUBTER	TELEFONIA				
	SANEAM.				
	ELÉTRICA				

Tabela 8.9 – Banco de dados – Planilha com dados rua Saturnino de Brito

8.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Nesse trabalho, como foram adotados procedimentos mínimos para se obter um sistema de gerência de pavimentos para cidades de pequeno e médio porte, não foram encontradas muitas dificuldades, o que também iria contra o propósito do mesmo.

A maior dificuldade encontrada foi na obtenção e organização dos dados relacionados aos pavimentos, principalmente aos dados históricos. Parte dos dados encontrados estavam em diferentes setores da prefeitura do campus.

Essa mesma dificuldade pôde ser observada nas visitas feitas às prefeituras, pois quando perguntado de que maneira eram guardadas as informações pertinentes aos pavimentos, pode-se perceber que se o sistema fosse implantado ali, existiria a mesma dificuldade em obter e organizar os dados.

9 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O estudo desenvolvido neste trabalho permitiu concluir que, embora haja vários programas de gerência de pavimentos disponíveis, que são altamente bem elaborados, não permitem seu emprego imediato. Por outro lado, o protocolo mínimo aqui desenvolvido e proposto atende as necessidades imediatas das cidades de pequeno e médio porte.

Nas visitas feitas às prefeituras das cidades no interior do estado de São Paulo, permitiu concluir que as mesmas não estão preparadas para implantar um sistema de grande porte, pois não há pessoas técnicas qualificadas para sua implantação e muitas vezes os recursos financeiros para adquirir implantar o sistema de gerência de pavimentos não é visto como uma boa forma de aplicação.

Para a implantação do sistema simplificado aqui proposto seria necessário apenas que se treinasse uma equipe técnica já existente no local, como foi feito no campus da universidade. Também seria necessária a aquisição da viga Benkelman para se fazer a avaliação estrutural.

O levantamento realizado com a Viga Benkelman mostrou-se adequado, principalmente considerando que cada determinação levou em média quatro minutos para sua realização total, ou seja, ao longo de pouco mais de seis horas foram realizadas sessenta leituras, considerando neste total os tempos de deslocamento e acomodação do equipamento. A partir desta premissa seria viável a qualquer município proceder semelhante levantamento em vias que fossem do seu interesse.

A realização desse primeiro levantamento e a alimentação conseqüente do banco de dados é o primeiro passo de uma política de manutenção, que deverá, em ocasiões futuras, repetir os levantamentos nas mesmas vias e nas demais que compõem o sistema viário da Universidade.

Esta sistemática de campanha trouxe como resultado o processo sistemático de acumulação dos dados. Posteriormente, será possível o estabelecimento de uma expressão que avalie o processo degenerativo dos pavimentos dessas vias.

O trabalho realizado em função da pequena equipe envolvida, a pesquisadora e três técnicos, e do tempo despendido para sua realização, demonstra que esse esforço poderá ser realizado por prefeituras de cidades de pequeno e médio porte, inclusive usando pessoal próprio.

Tal como se esperava, a avaliação estrutural dos pavimentos através da viga Benkelman mostrou ser um instrumento interessante dentro da cadeia de decisões que compõe um Sistema de Gerência de Pavimentos.

A eleição dos parâmetros escolhidos para o desenvolvimento do trabalho, tais como: avaliação visual, avaliação estrutural, IGG e os itens selecionados na planilha de banco de dados foi oportuna e atendeu às necessidades dentro do campus e, nas visitas feitas as prefeituras, foi possível perceber que também seriam oportunas.

É sabido que existem outros métodos de avaliação e outras soluções, mas se teve o cuidado, mediante as entrevistas com os potenciais usuários, de verificar que esse elenco de itens selecionados que compõe esse trabalho é adequado para as cidades de pequeno e médio porte.

Nada impede que com a implantação do sistema proposto e conforme forem aparecendo novas necessidades, novos procedimentos sejam enquadrados dentro do protocolo mínimo.

Para possíveis estudos futuros sugere-se a elaboração de algoritmos que permitiriam avaliar a vida restante do pavimento se nada fosse feito e, alternando possíveis intervenções, quanto tempo seria ganho.

Outra sugestão seria a elaboração de um programa computacional, aliado a um SIG, que permitisse a obtenção dos dados arquivados e calculasse todos os parâmetros aqui utilizados.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AUTRET, L. P. V. – *Utilisation du Produit RxD Pour L'auscultation dès Chaussées à Couche de Base Traitée* – Bulletin Liason dès Laboratoires Routiers Ponts et Chaussées, nº 42, dezembro, 1969.
- (2) BERTIN, R. J.; ADADA, L. B. – *Investigação do Uso de Sistemas de Informações Geo-Referenciadas na Análise Sistêmica dos Defeitos em Pavimentos de Concreto de Cimento Portland* – Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico, 2000. ANAIS
- (3) CARDODO, S. H. – *Gerência de Pavimentos Urbanos* – 10ª Reunião de Pavimentação Urbana, 2000. ANAIS
- (4) DOMINGUES, F. A. A. - MID – *Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos*. São Paulo, 1993.
- (5) DOMINGUES, F. A. A.; OLIVEIRA, M. E. D. – *Vida Remanescente de Serviço* – 31ª Reunião Anual de Pavimentação, 1998. ANAIS
- (6) DNER – *Guia de Gerência de Pavimentos*. Tradução, Rio de Janeiro, 1983.
- (7) DNER-ME 24-78 – *Determinação das Deflexões no Pavimento pela Viga Benkelman* – Método de Ensaio. DNER

- (8) DNER-PRO 08-78 – *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos* – Procedimento. DNER
- (9) FABRÍCIO, J. M.; GONÇALVES, E. A.; FABRÍCIO, O. F. – *Metodologia Não-Destrutiva para Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis através da Interpretação das Bacias de Deformação*. In: 23ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis, 1988. ABPv.ANAIS
- (10) FERNANDES, JR.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. – *Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos* – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes, São Carlos, 1999.
- (11) HARRAL, C. G. – *El Deterioro de los Caminos en los Países en Desarrollo – Causas y Soluciones* – Estudio de Políticas del Banco Mundial – Banco Mundial, Washington, D.C., 1988.
- (12) HUDSON, W. R.; CHEN, X. – *URMS: A Graphics Based Urban Roadway Management System at Network Level* – 10ª Reunião de Pavimentação Urbana, 2000. ANAIS
- (13) HUDSON, W. R.; HAAS, R. e ZANIEWSKI, J. – *Modern Pavement Management* – Krieger Publishing Co. – Malabar – Flórida, 1994.
- (14) HUDSON, W. R.; FERNANDES, JR., J. L. – *Curso Intensivo de Gerência de Pavimentos*. DNER – M.G. E.I.P.C., Belo Horizonte, 1994.
- (15) JU, L. K.; DOMINGUES, F. A. A. – *Estimativa da Vida Remanescente de Serviços dos Pavimentos* – 31ª Reunião Anual de Pavimentação, 1998. ANAIS
- (16) PAIVA, C. E. L. – *Contribuição para Análise de Interpretação de Bacias de Deformação* – Tese Apresentada à Escola Politécnica da USP para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia. São Paulo, 1989.

- (17) PAIVA, C. E. L.; CAUSIM, P. B. – *Estudo de Avaliações das Condições Estruturais de um Pavimento a partir de Bacias de Deformação* – 32ª Reunião Anual de Pavimentação, 2000. ANAIS
- (18) PINEDA, J. D.; BARRENECHEA, G. D. – *Las Inspecciones Visuales de la AEC – Carreteras nº 103* – setembro/outubro, 1999.
- (19) PREUSSLER, E. S. – *Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gerência Rodoviária*. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias, 1998. ANAIS
- (20) RUTH, B. E.; FERNANDES, JR., J. L. – *Procedimento para Obtenção de Melhores Resultados em retroanálises de Avaliações estruturais de Pavimentos Flexíveis* – 3º SINAPRE – Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço, 1999.
- (21) SHAHIN, M. Y. – *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots* – Chapman & Hall.
- (22) SOUZA, M. L. – *Pavimentação Rodoviária – MT – DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. – 2ª Edição – Rio de Janeiro, 1980.*
- (23) SOUZA, P. R. B.; SUZUKI, C. Y.; NAGAO, E. M. – *Sugestões de Equação de Fadiga Relacionadas a Parâmetros de Curvatura da Bacia de Deformação de Pavimentos*. In: 7ª Reunião Anual de Pavimentação Urbana. São José dos campos, 1996. ANAIS
- (24) VILLIBOR, D. F.; DISSEI, D. - *Novas Diretrizes para um Plano de Gestão Viária*. PMSP/SAR. São Paulo, 1989.



Figura 1 – Vista geral do levantamento com a viga Benkelman

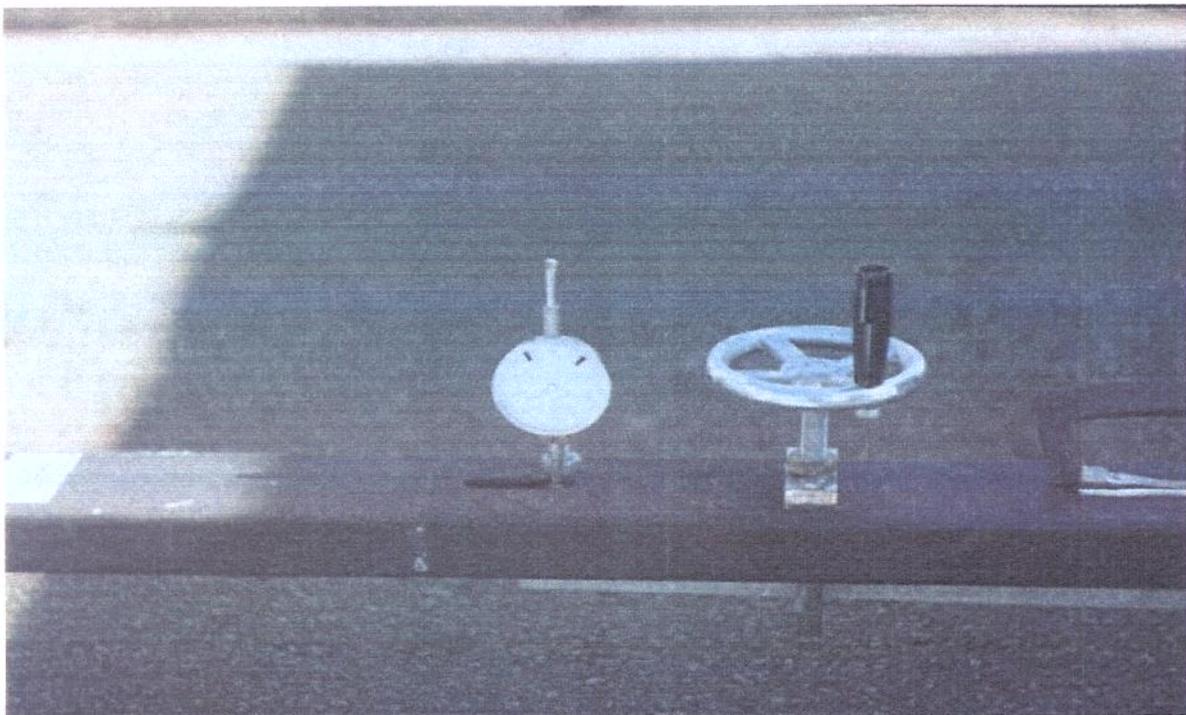


Figura 2 – Extensômetro para determinação da deflexão medida pela viga Benkelman



Figura 3 – Demarcação no pavimento para a determinação da bacia de deslocamento



Figura 4 – Determinação da deflexão sob a carga traseira do caminhão (L0)



Figura 5 – Determinação da deformação a 1,20 m do ponto inicial de carga (L120)



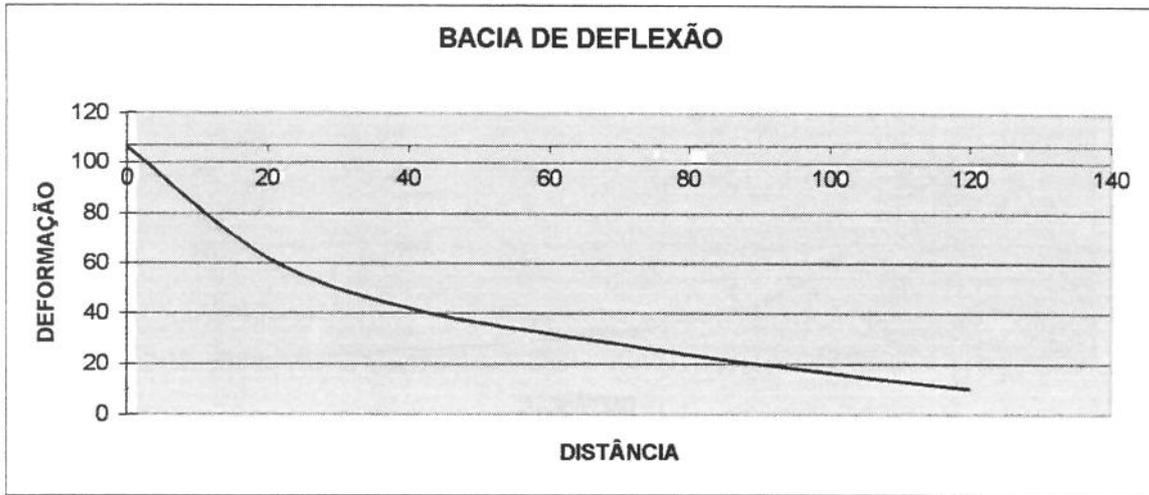
Figura 6 – Medição da deformação permanente do pavimento

APÊNDICE I

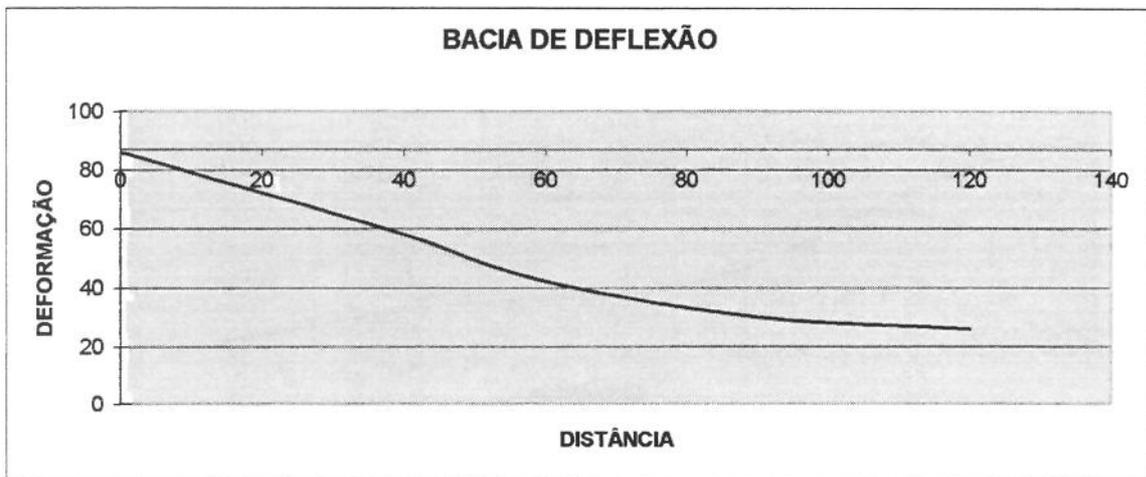
**FOTOS DO LEVANTAMENTO COM A VIGA BENKELMAN E COM
A TRELIÇA**

APÊNDICE II

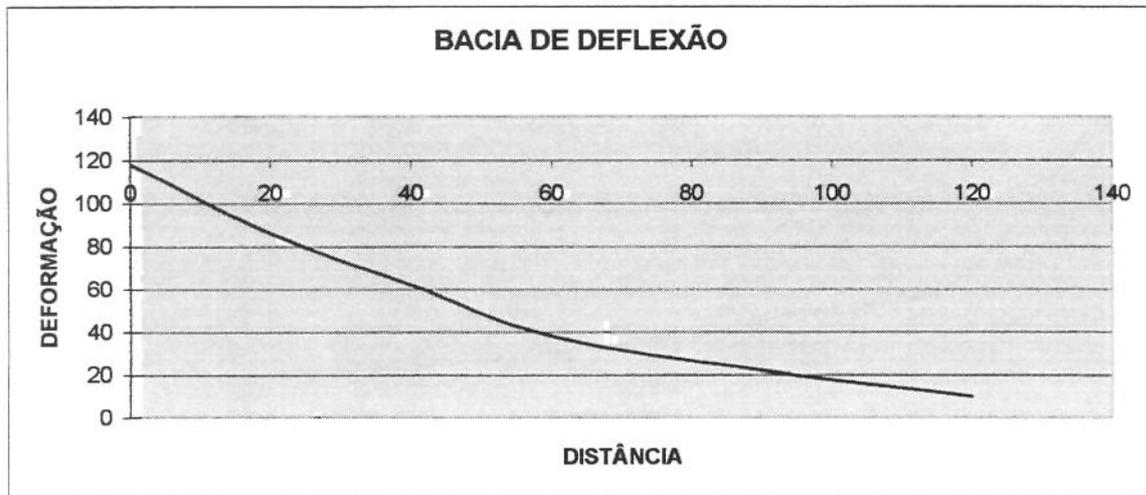
BACIAS DE DEFLEXÃO



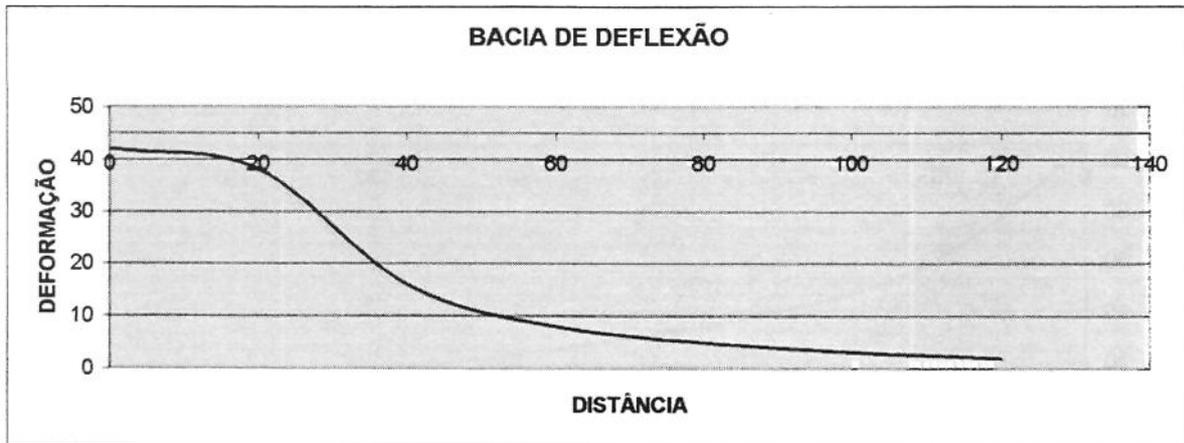
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



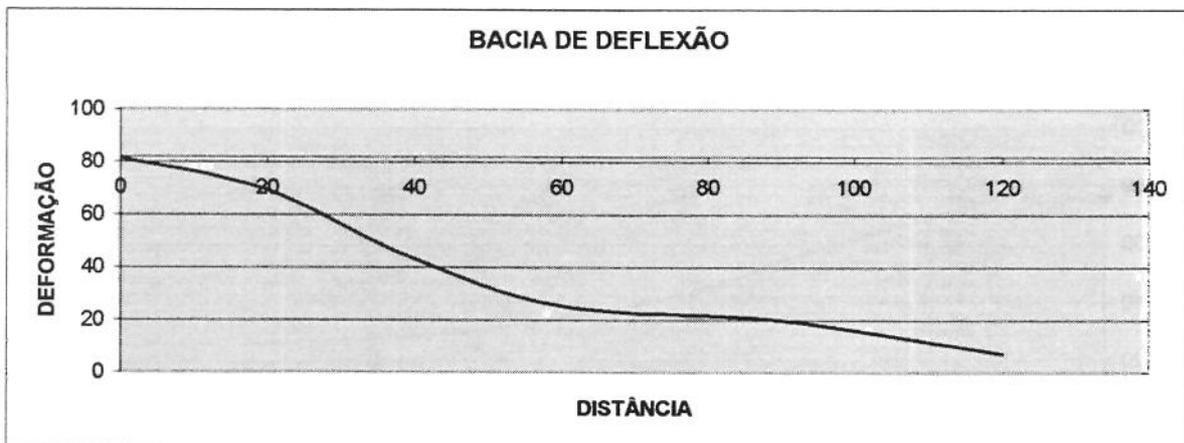
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



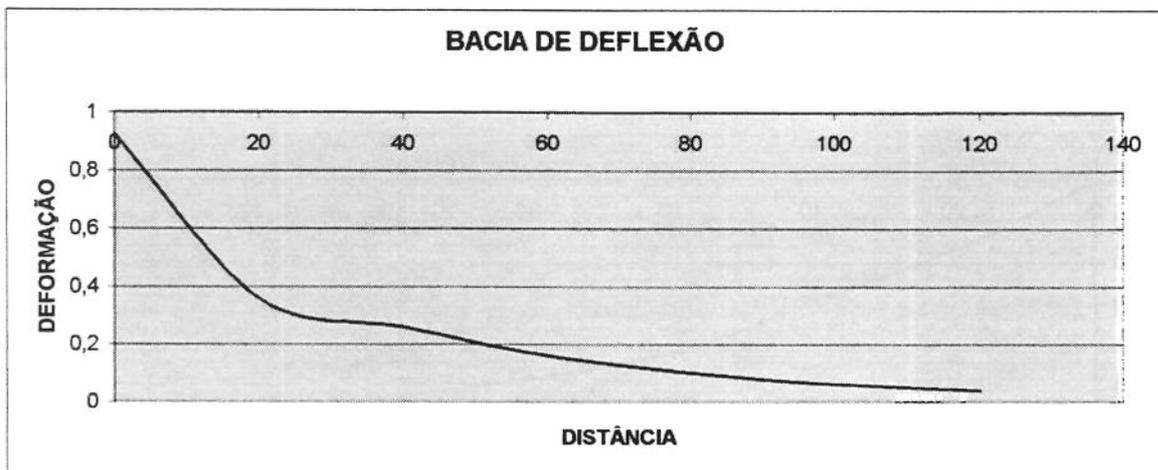
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



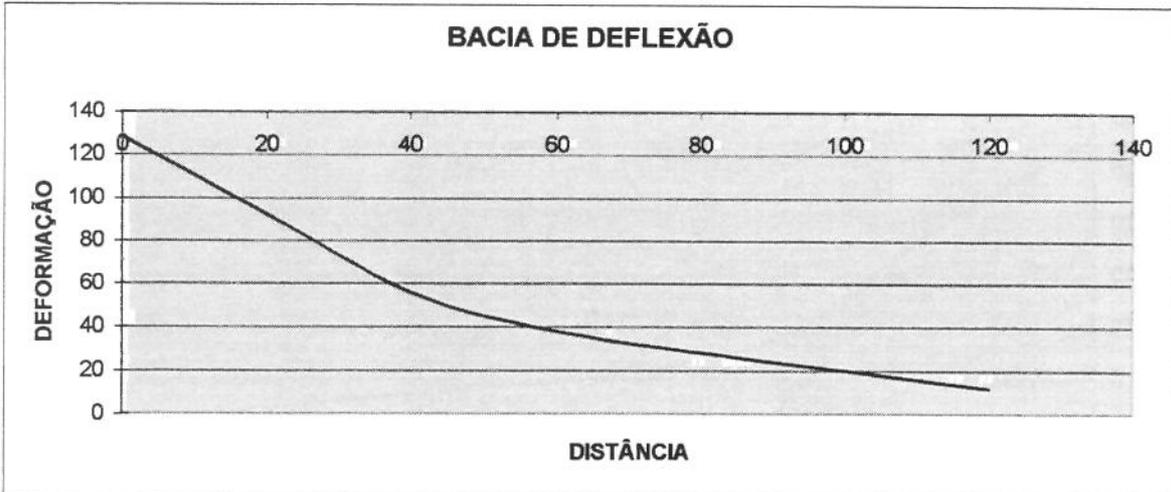
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



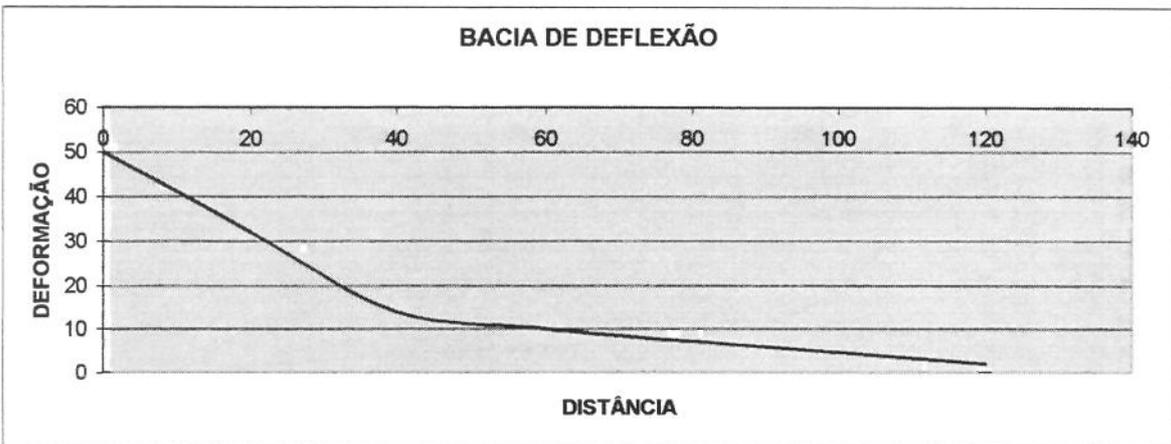
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



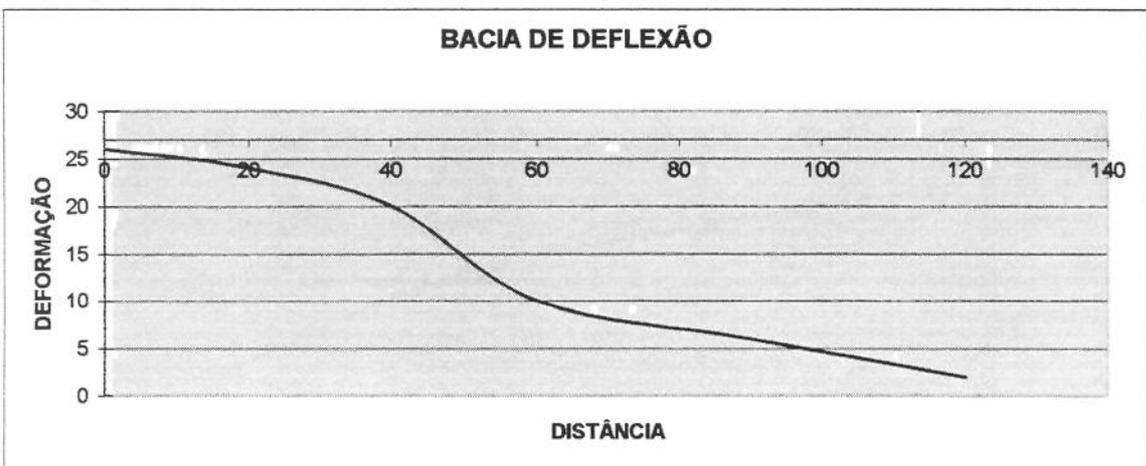
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



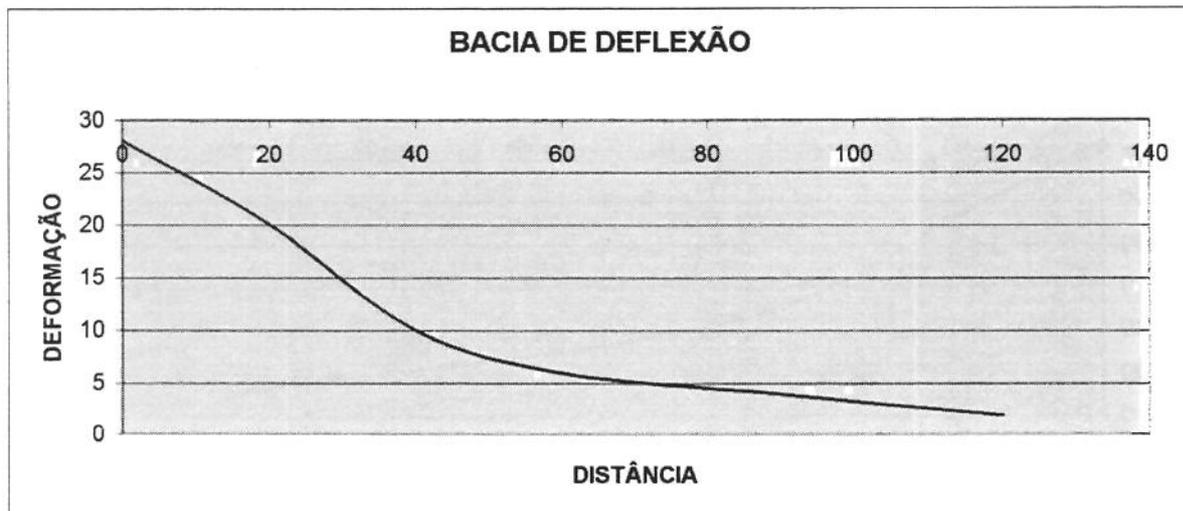
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



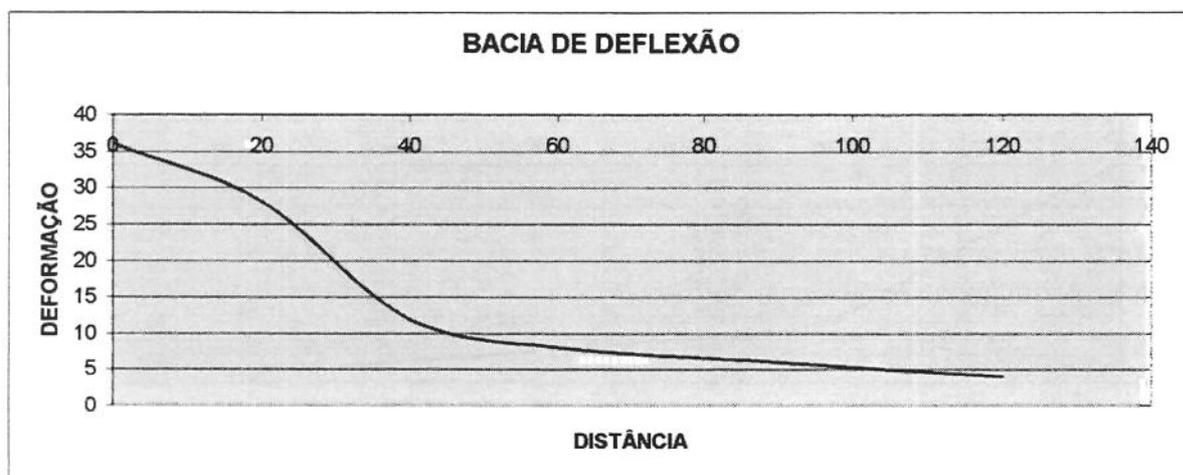
Bacia de deformação trecho Rua Saturnino de Brito



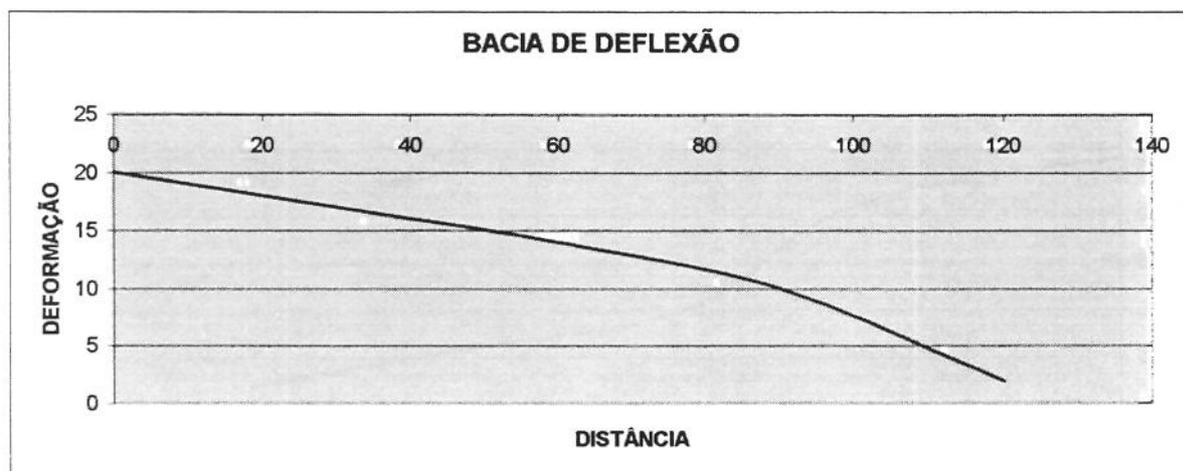
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



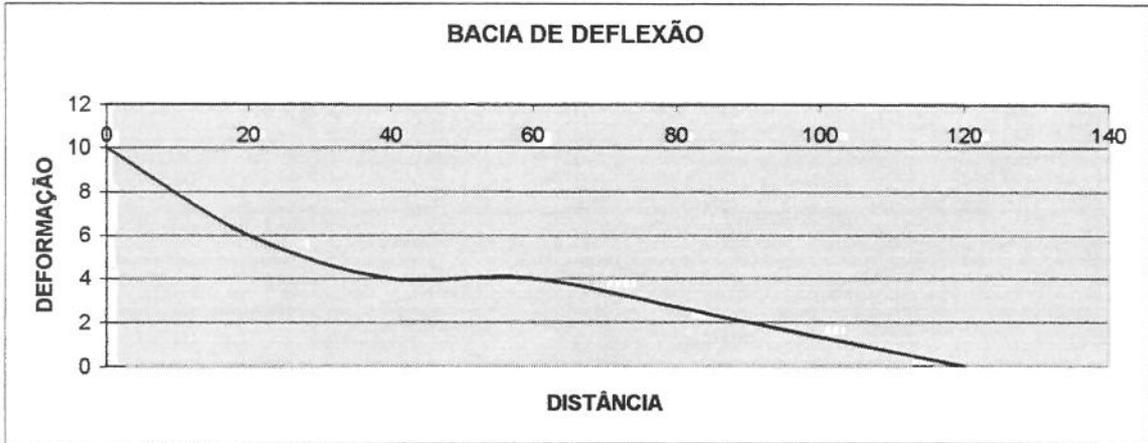
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



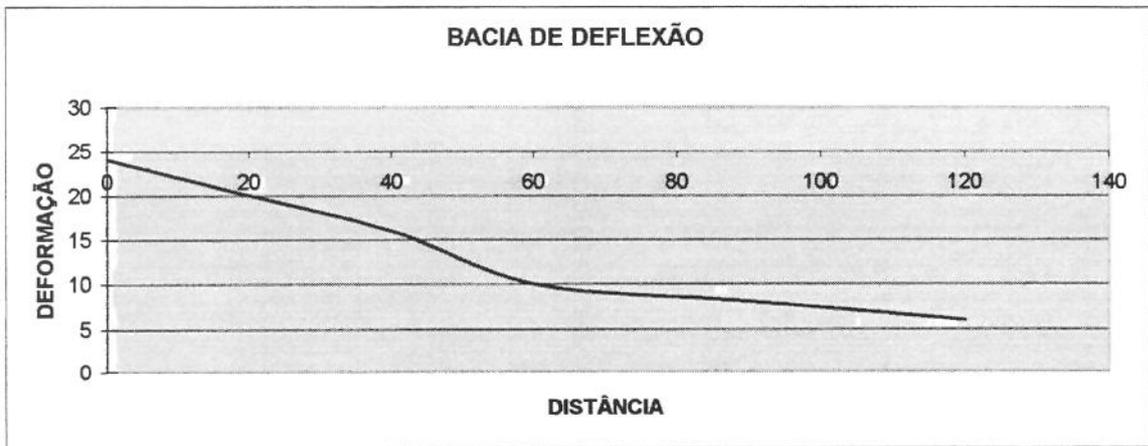
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



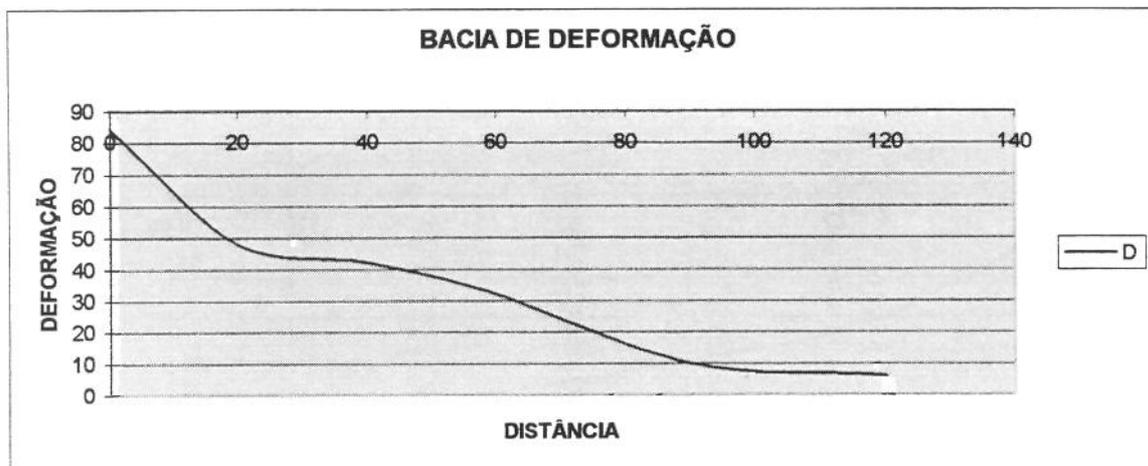
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



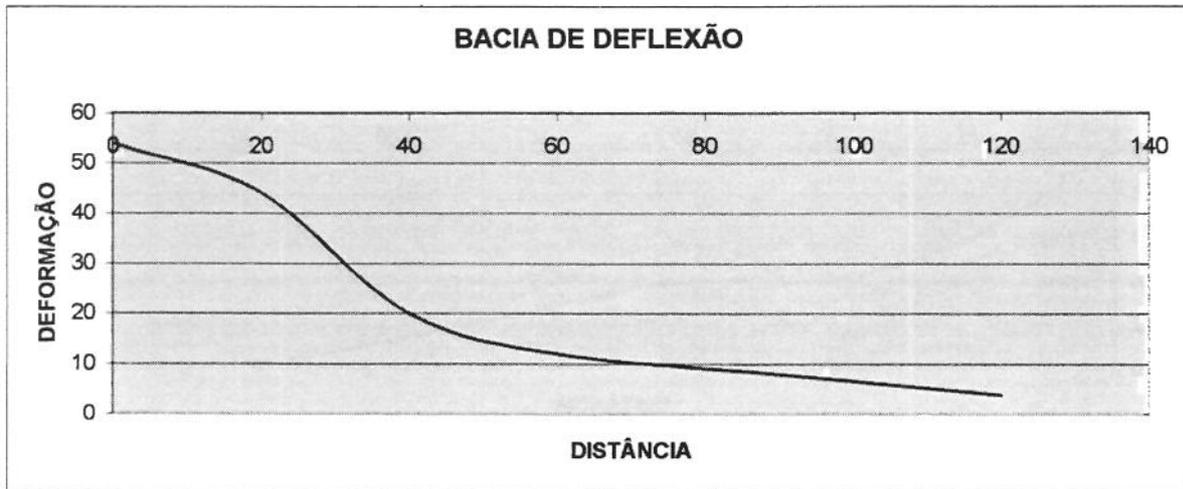
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



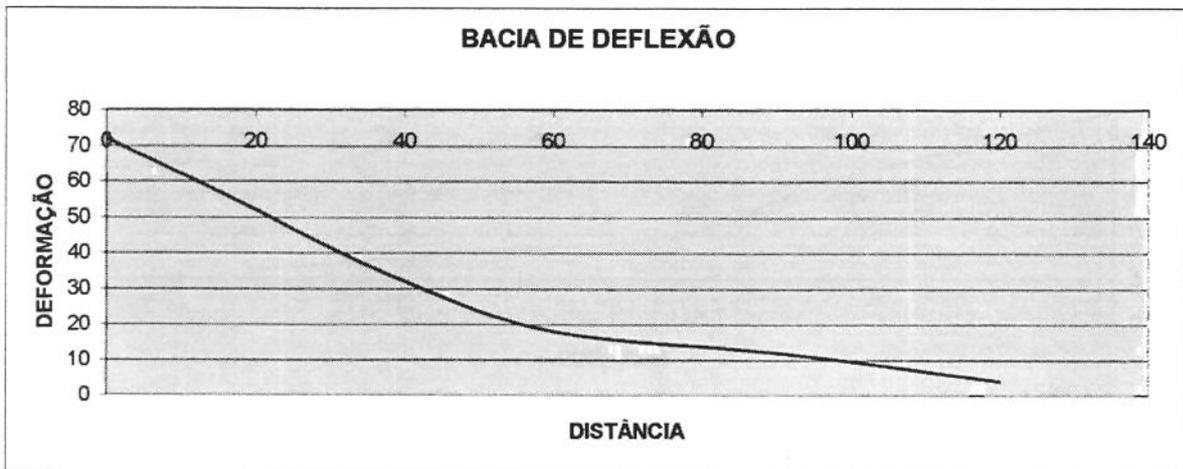
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



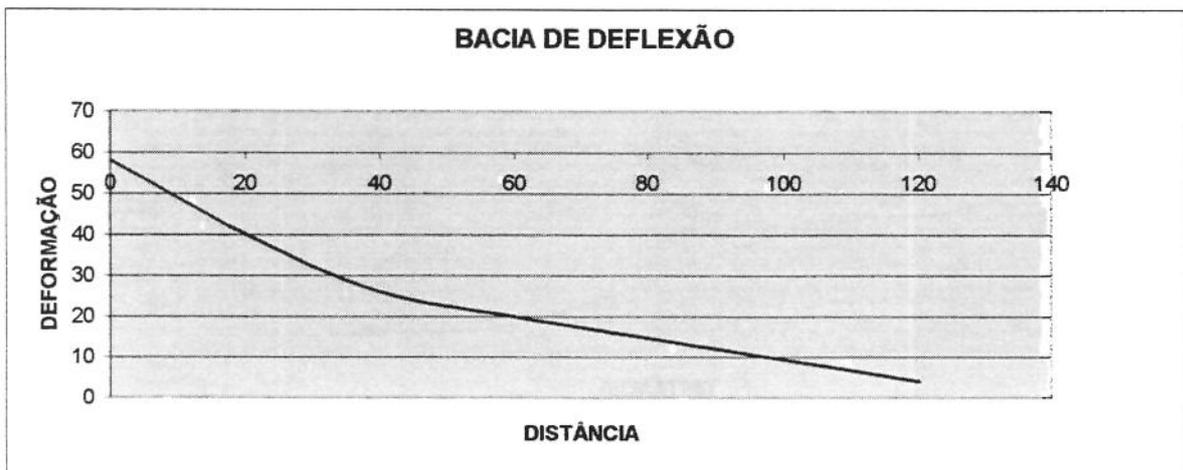
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



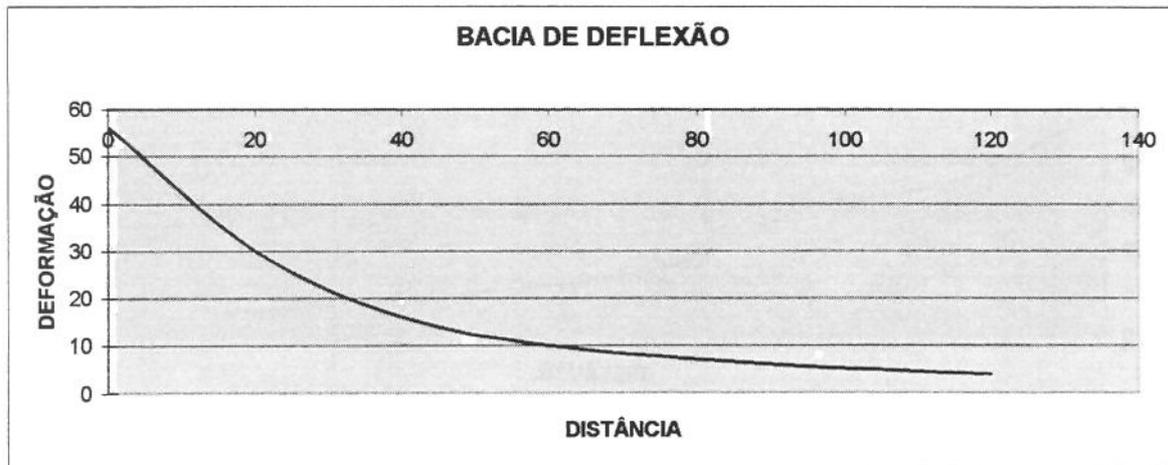
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



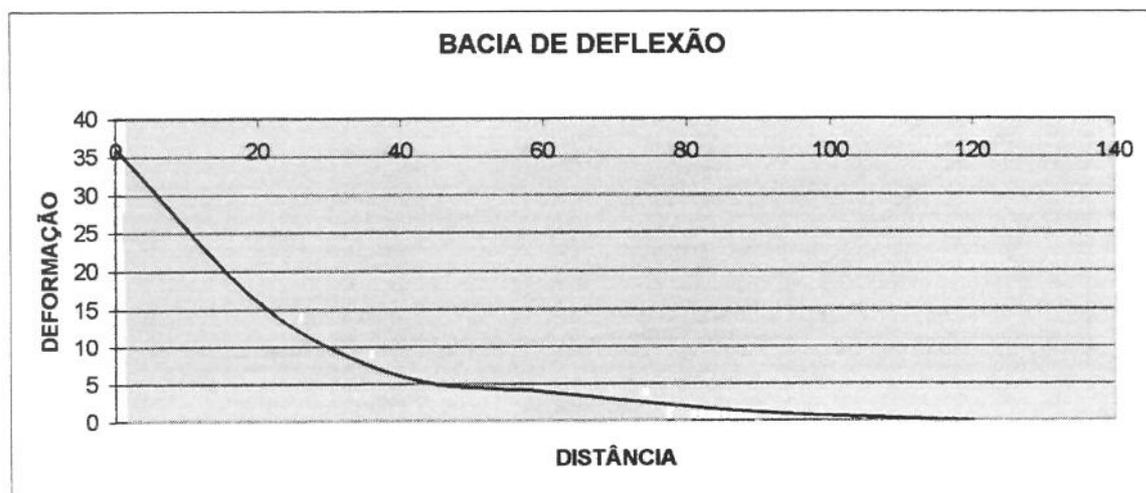
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



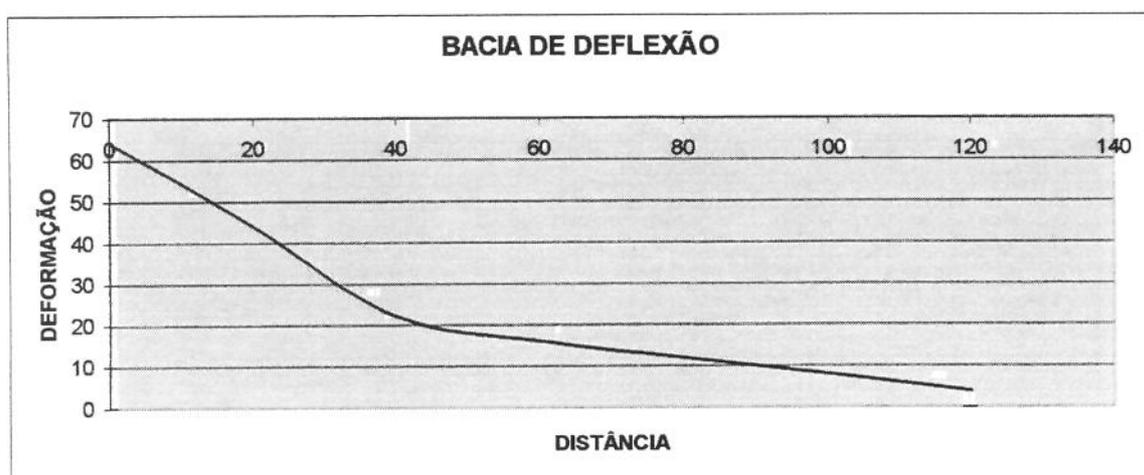
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



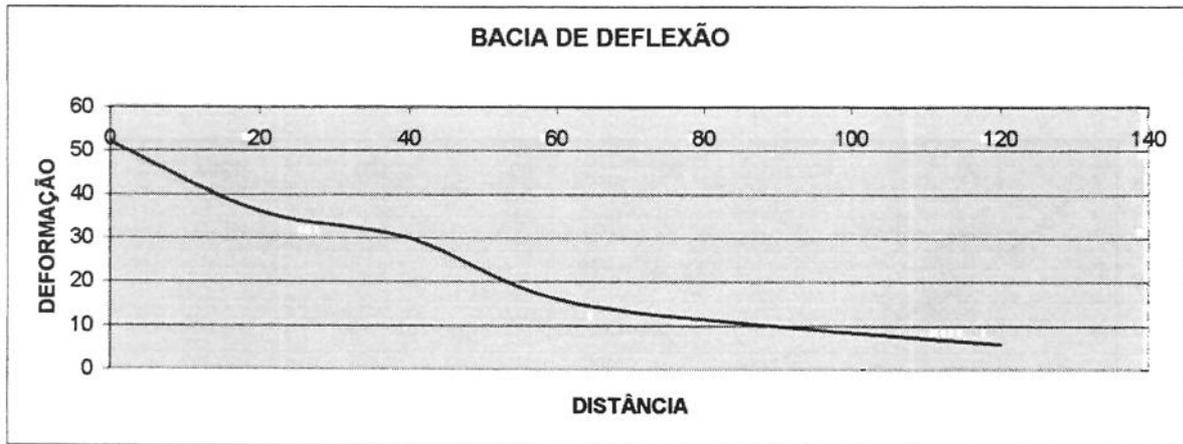
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



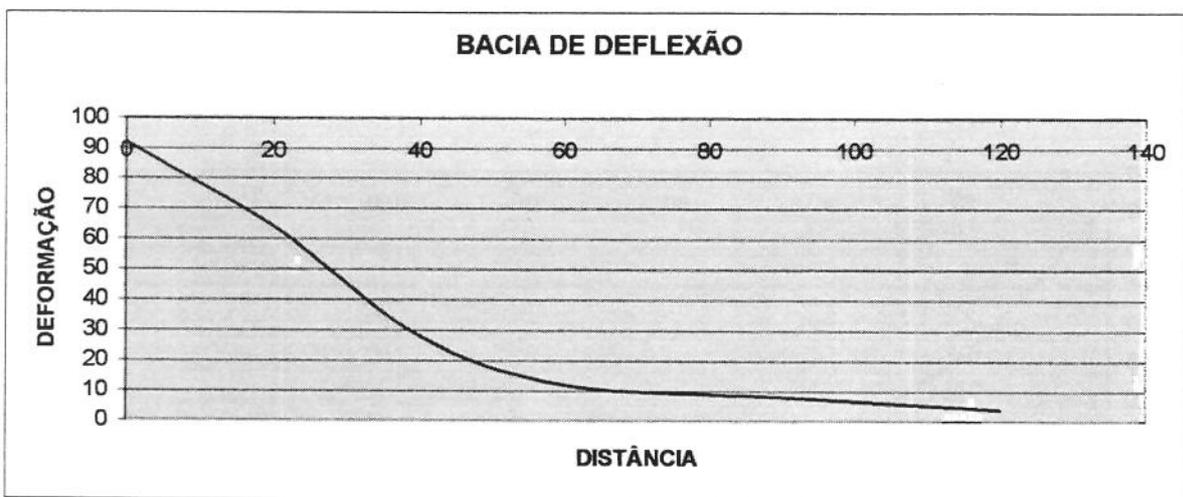
Bacia de deformação trecho Avenida Albert Einstein



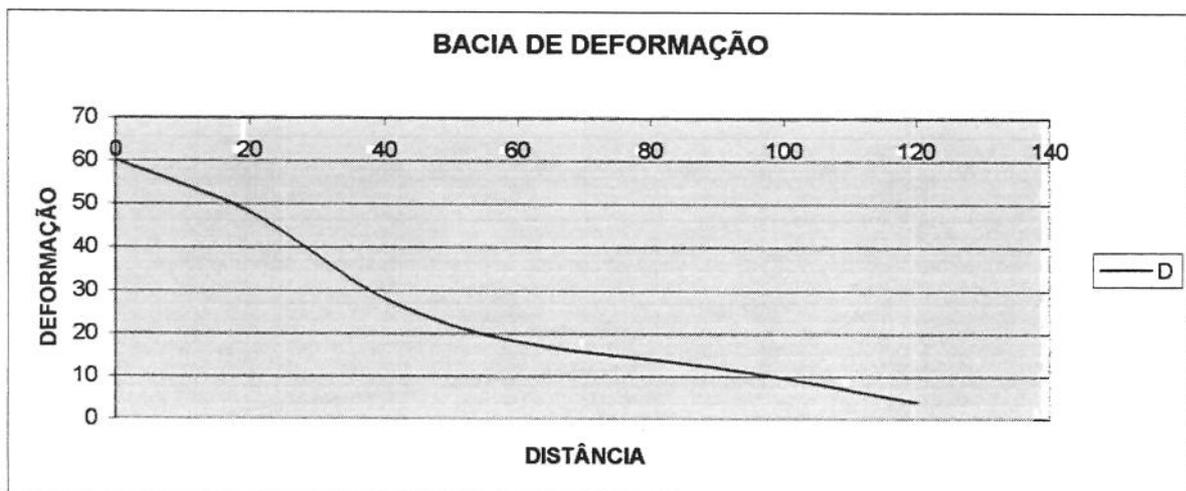
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



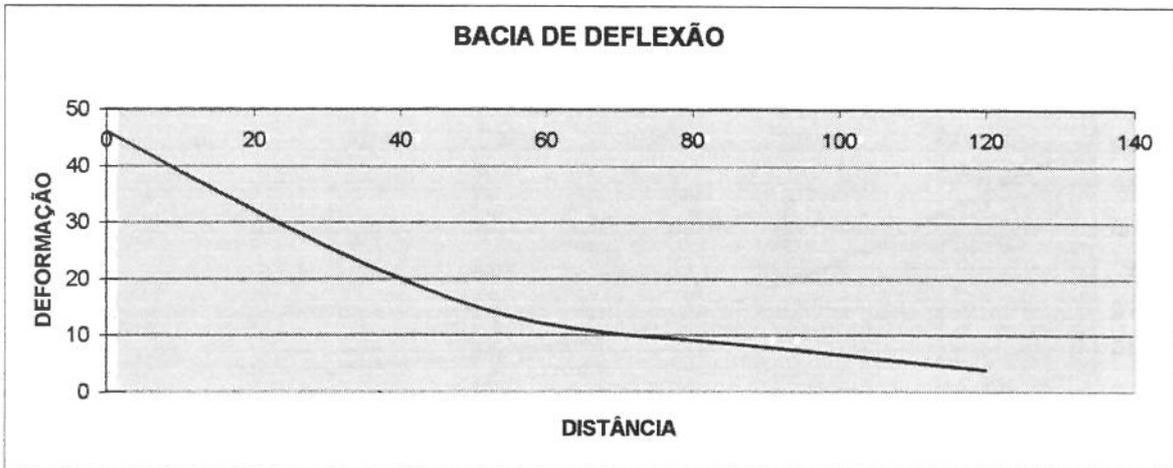
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



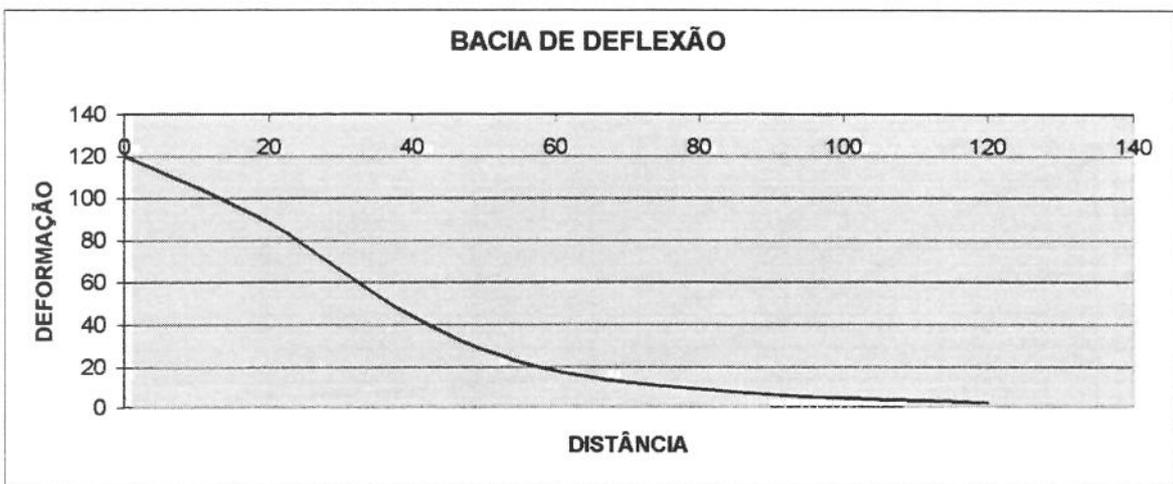
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



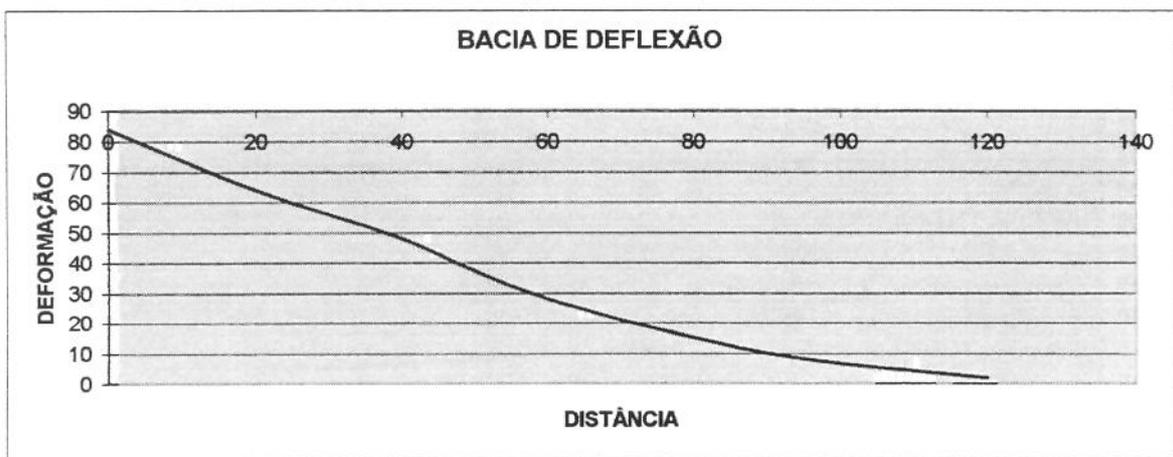
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



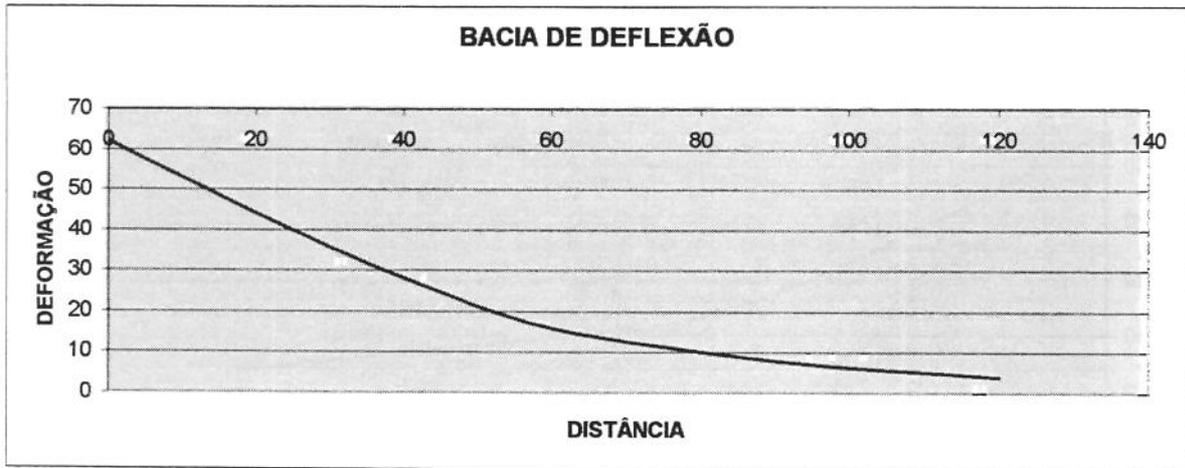
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



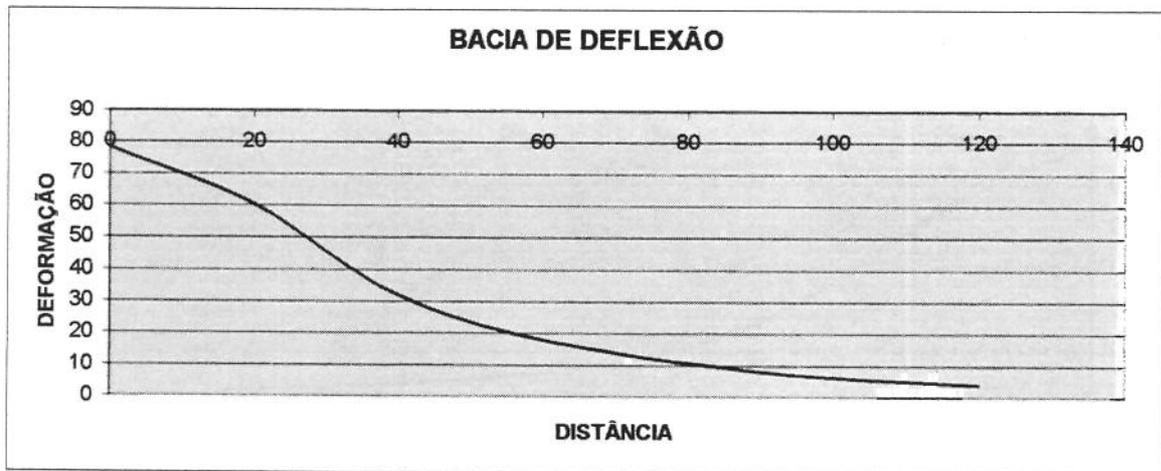
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



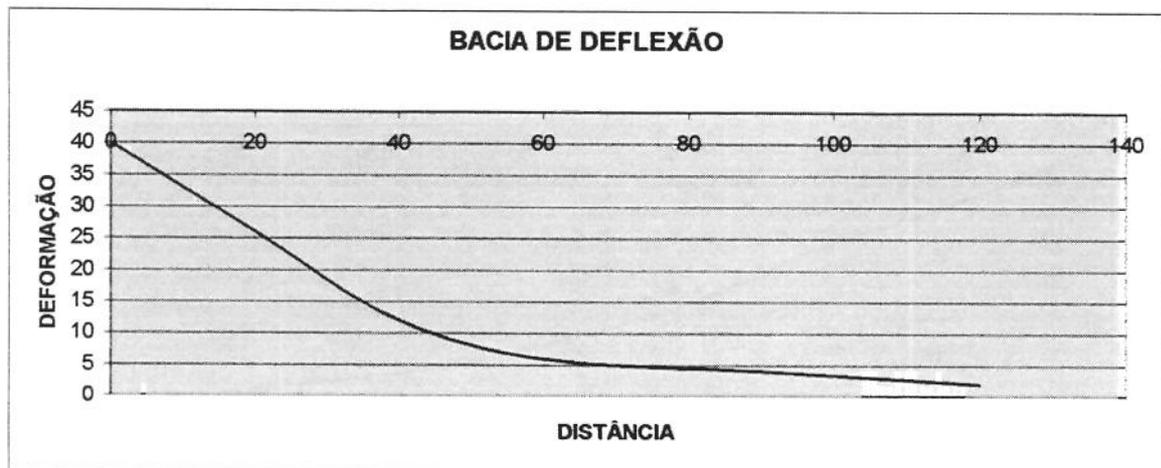
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



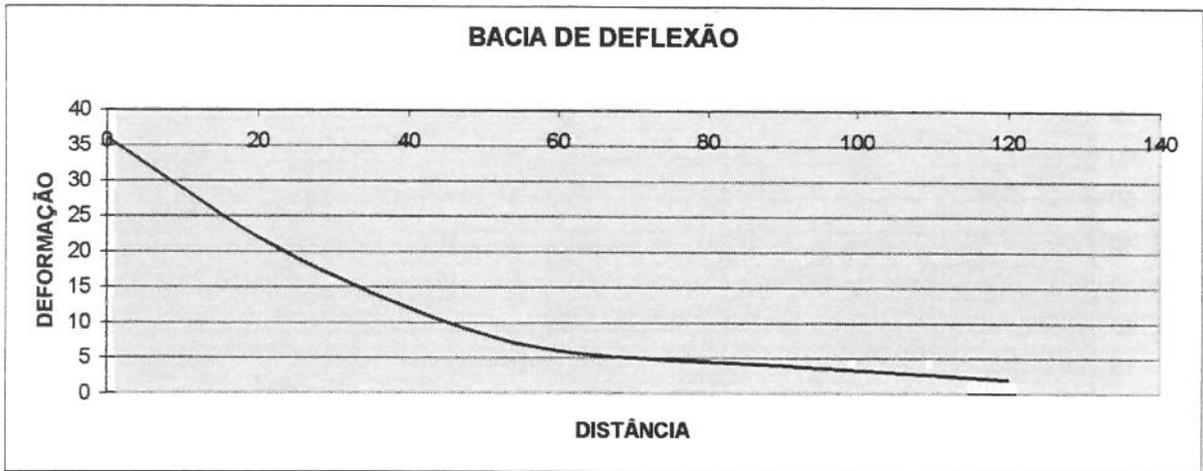
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



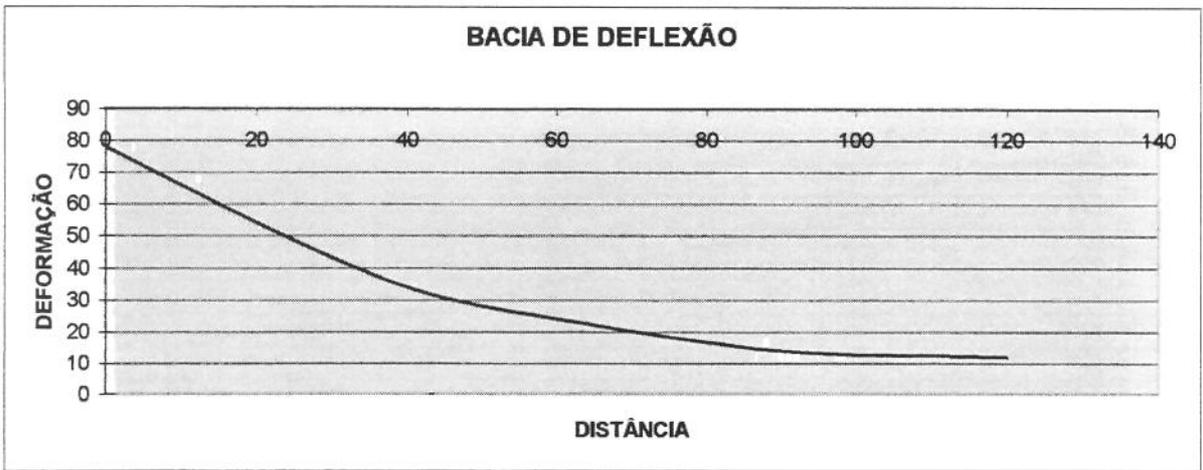
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



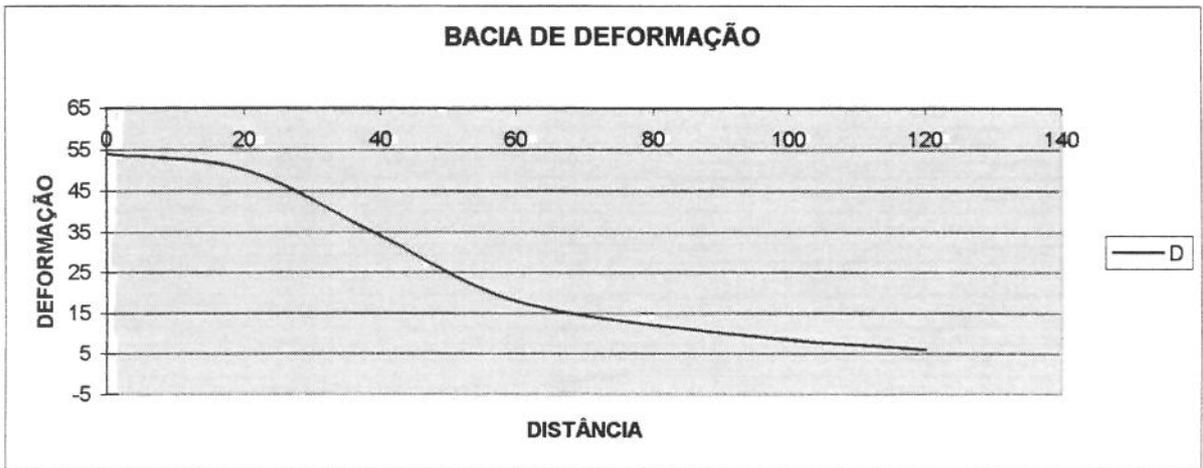
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



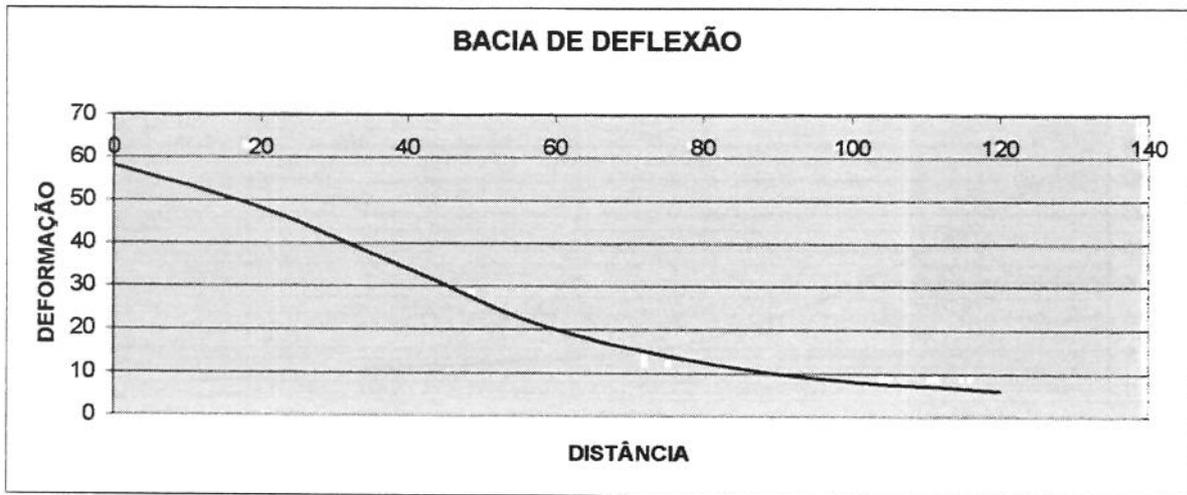
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



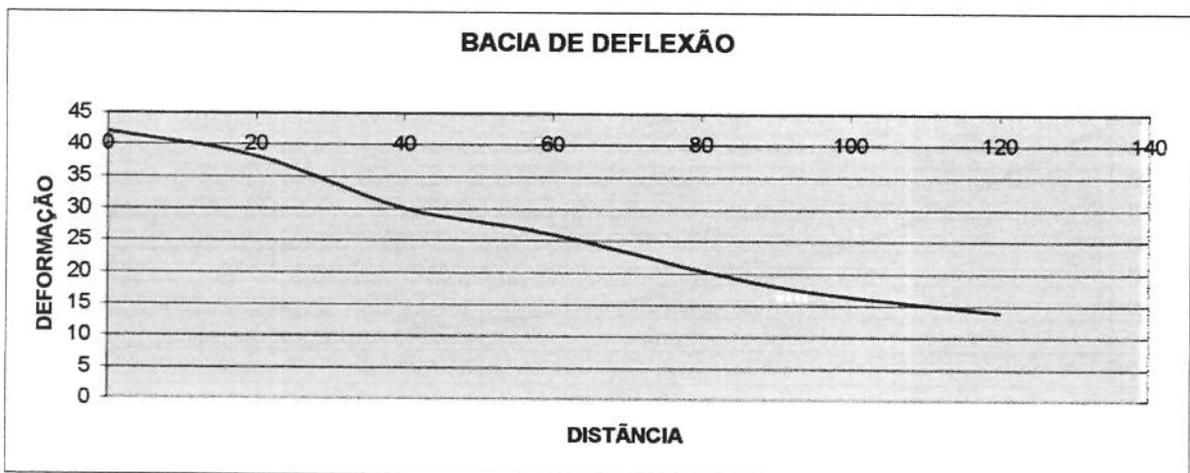
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



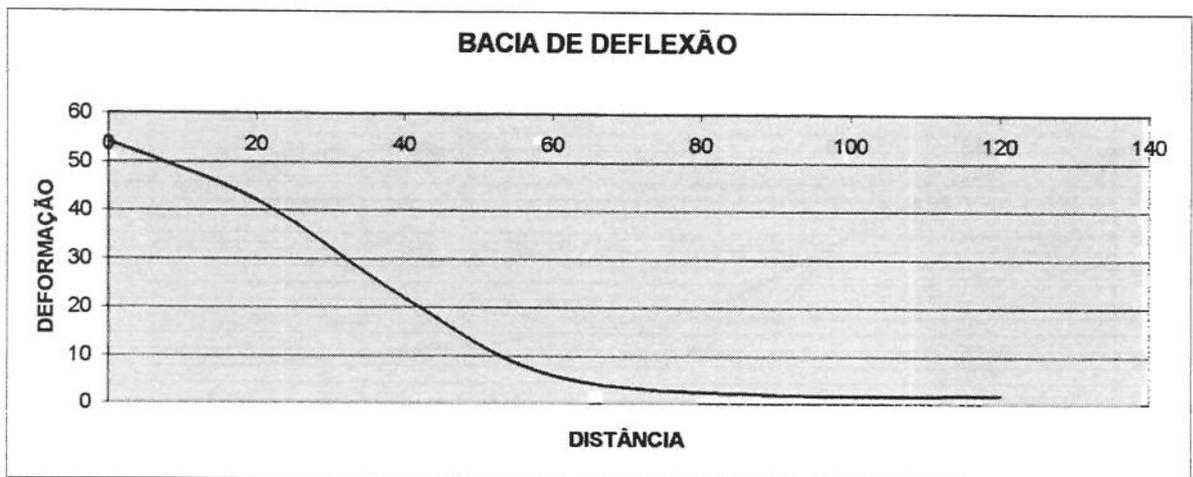
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



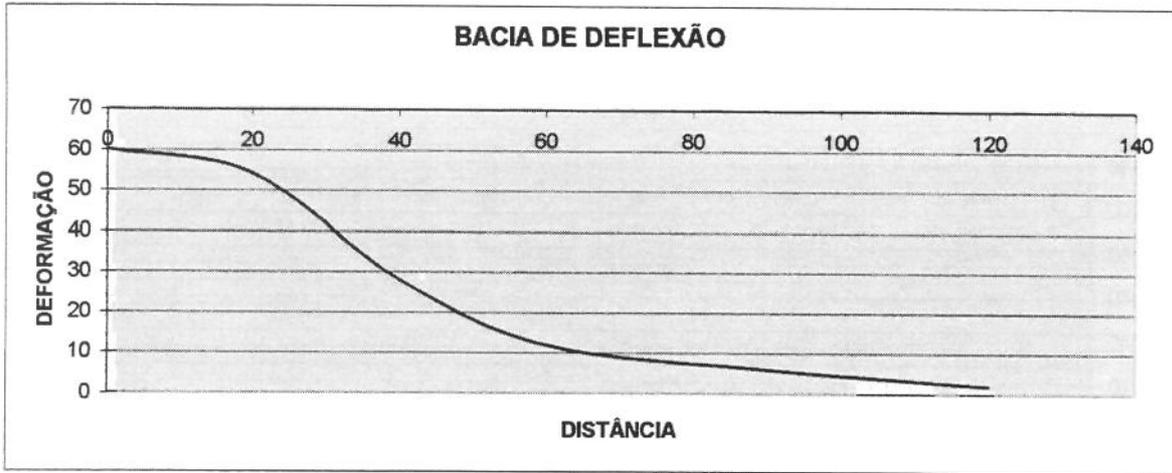
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



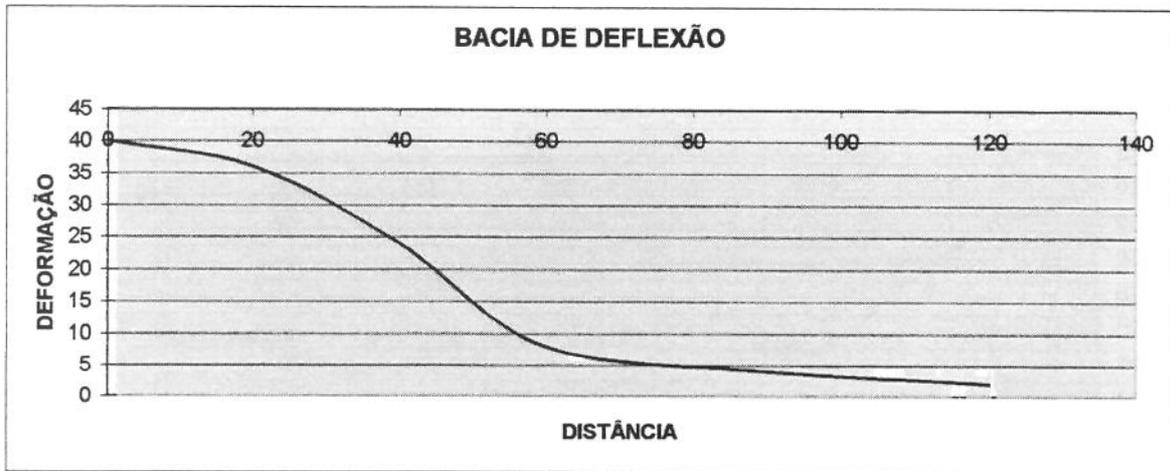
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



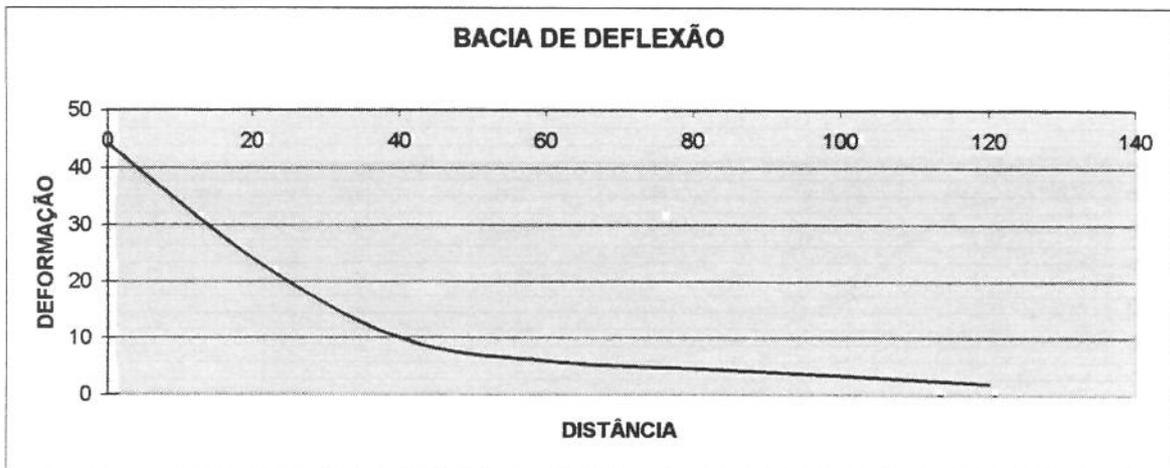
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



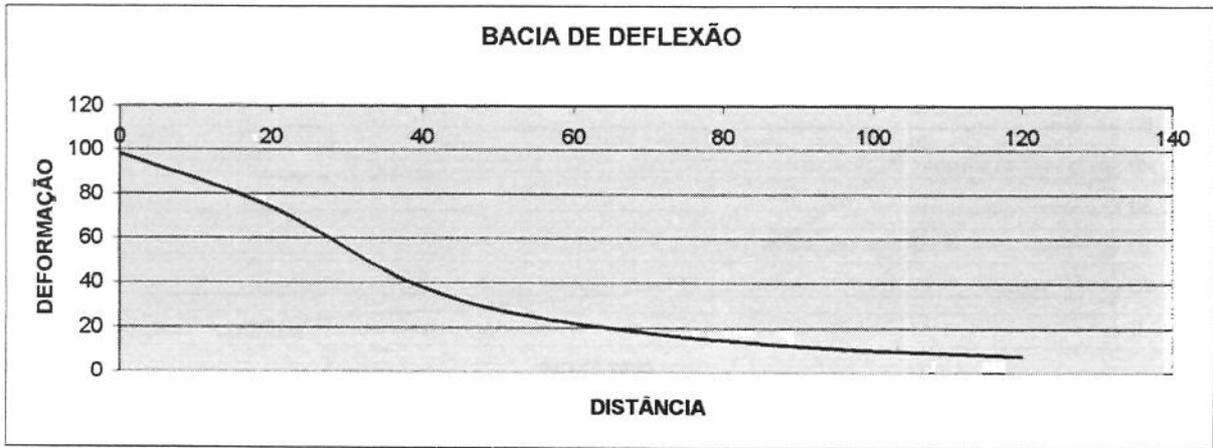
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



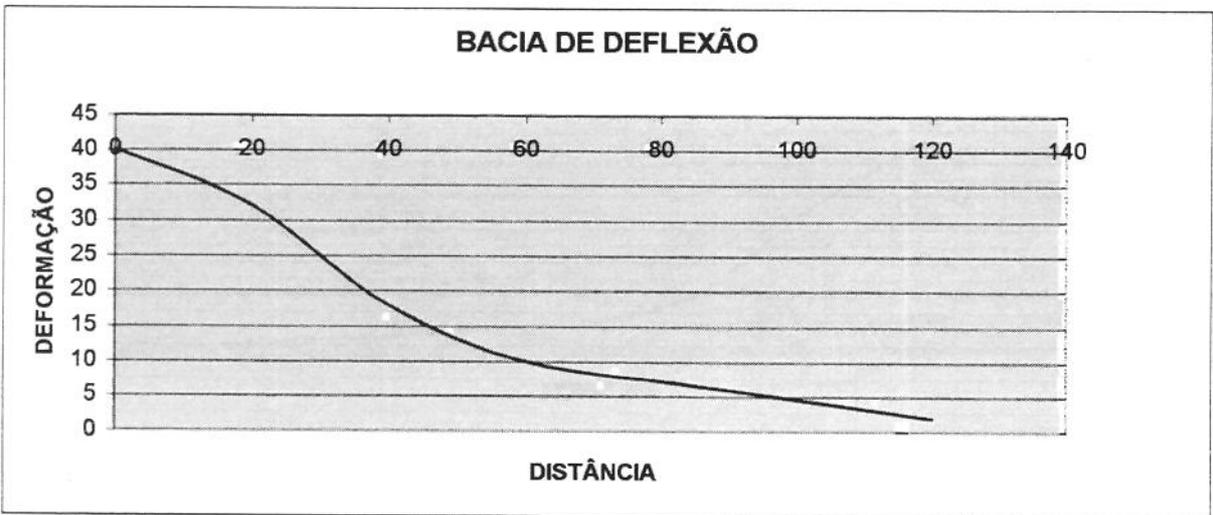
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



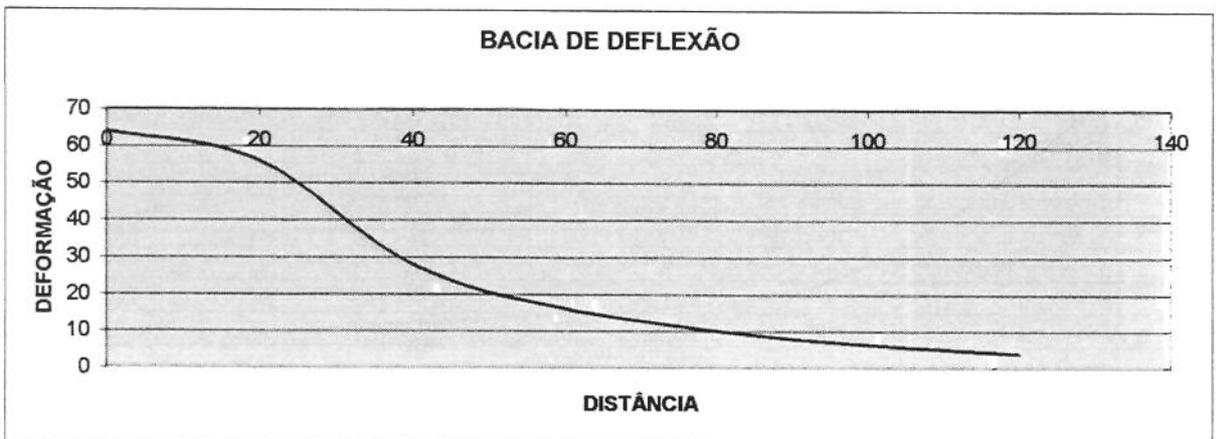
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



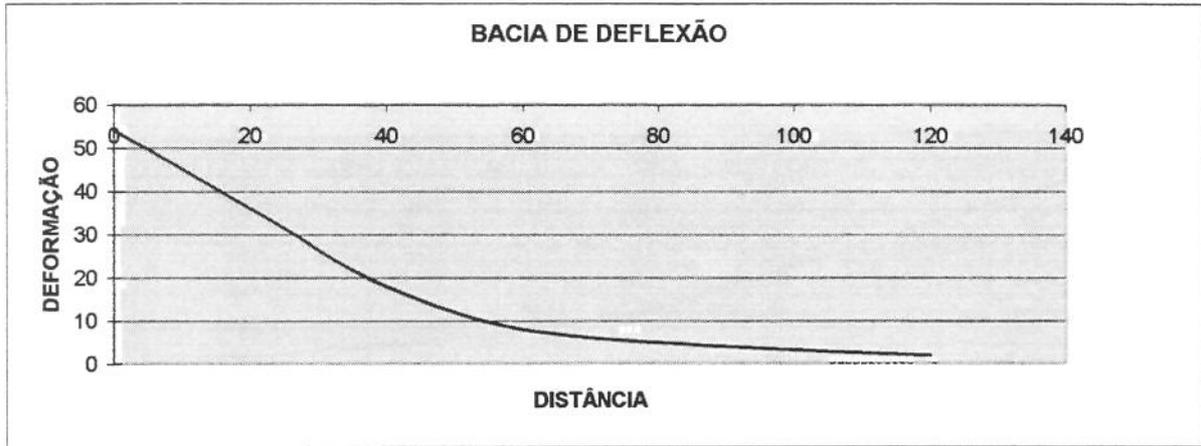
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



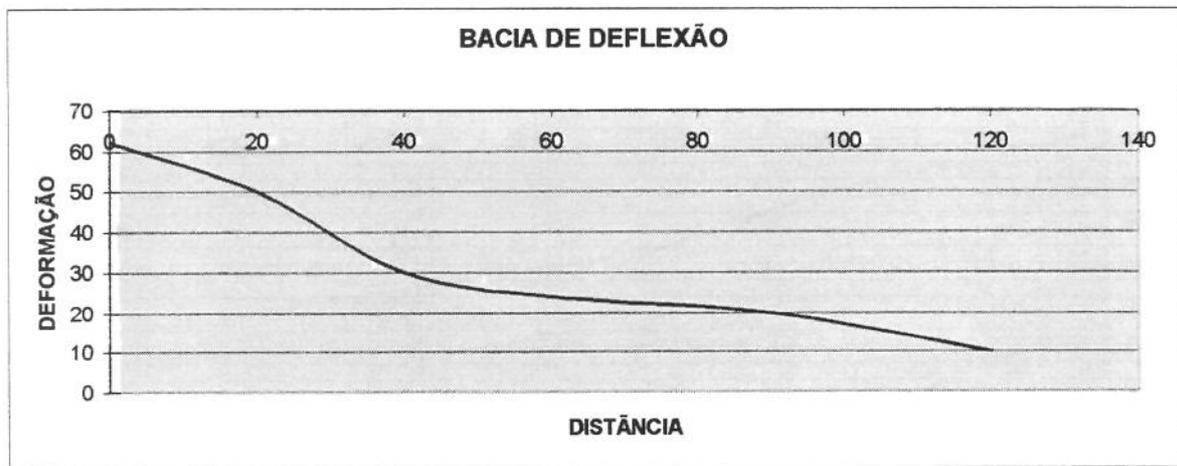
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



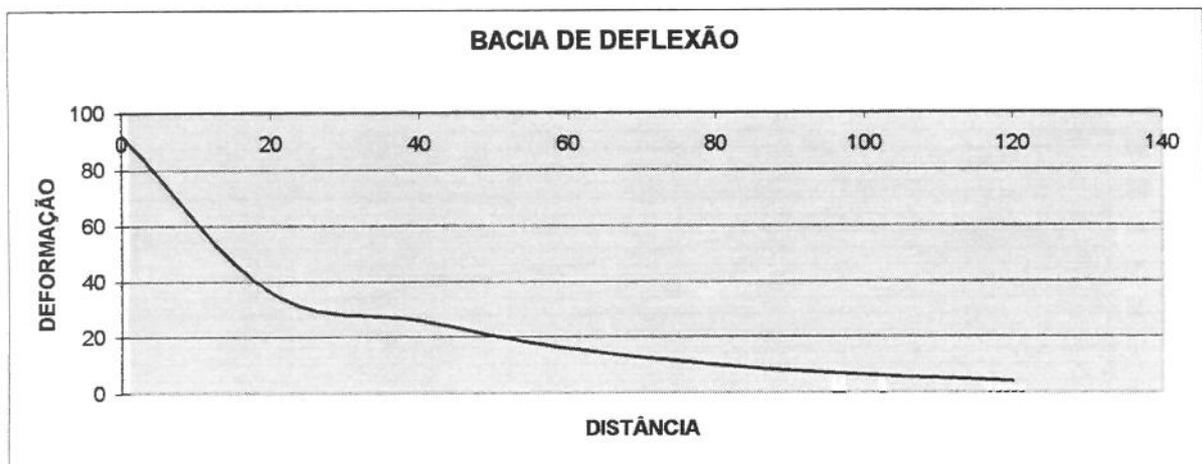
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



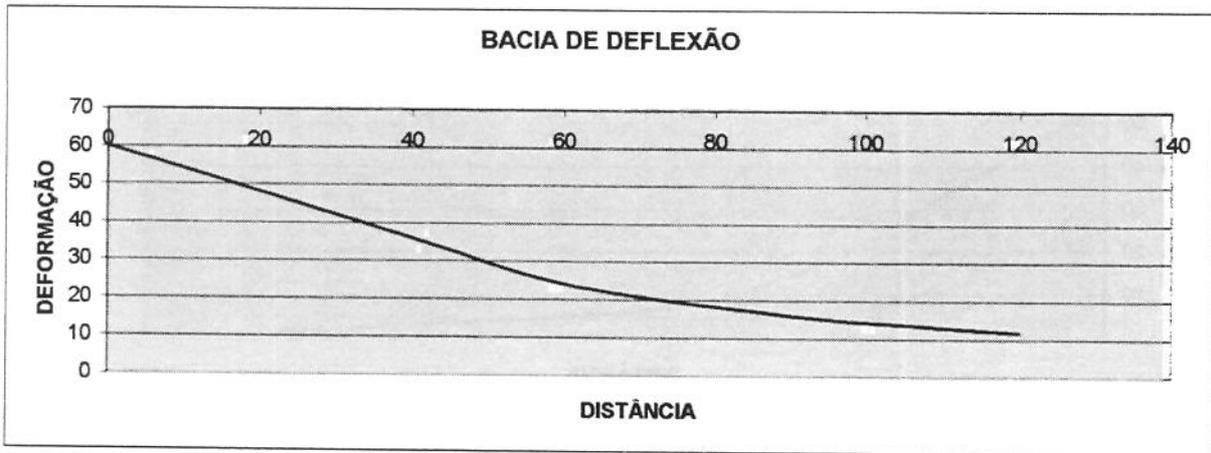
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



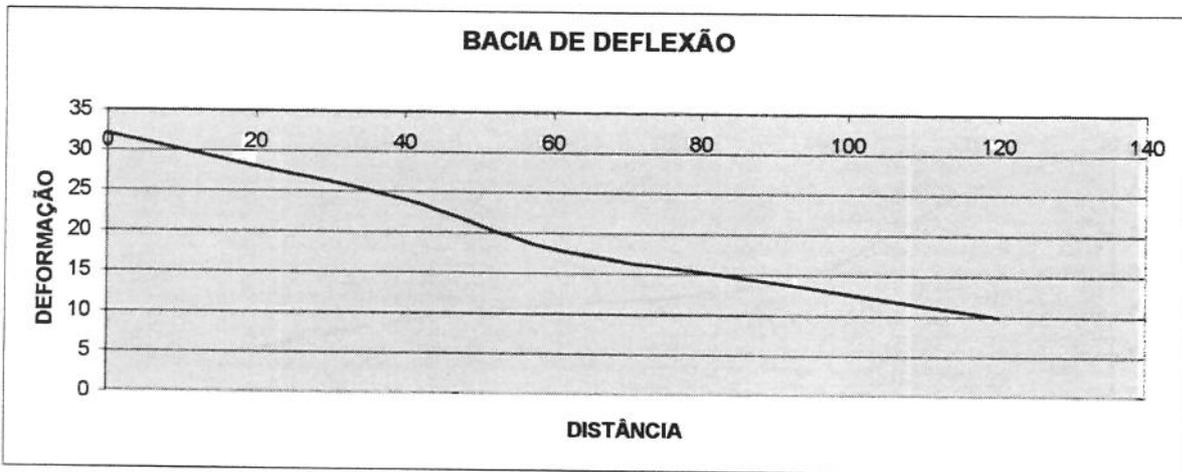
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



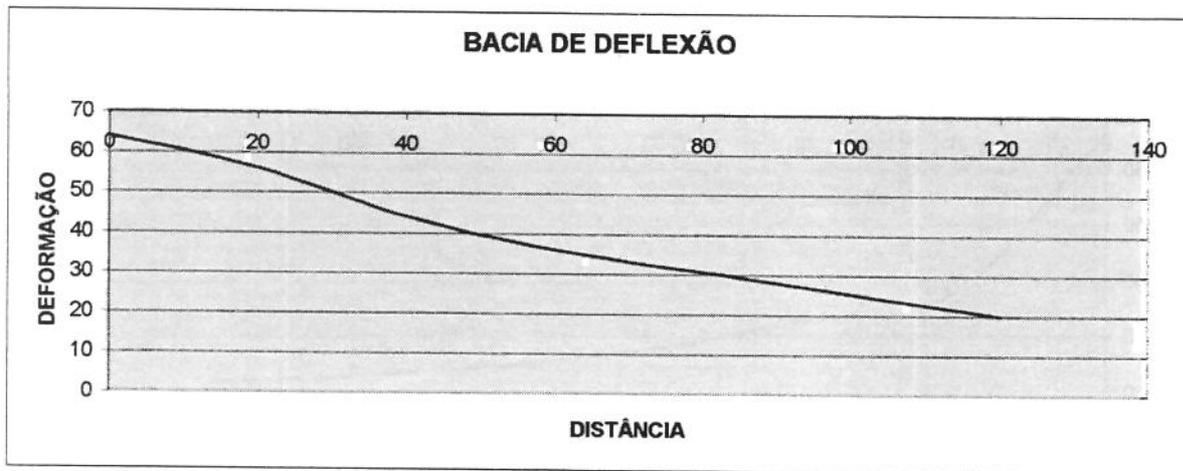
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



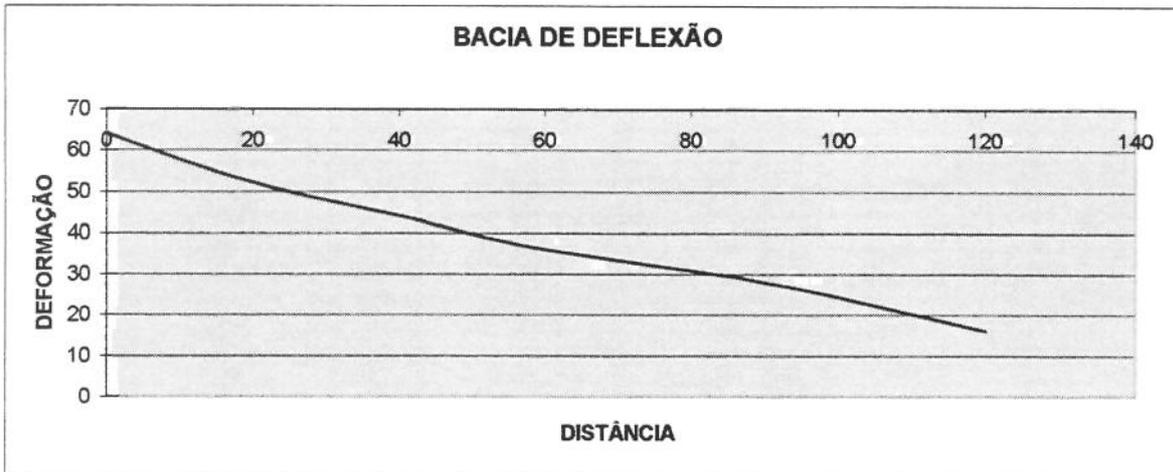
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



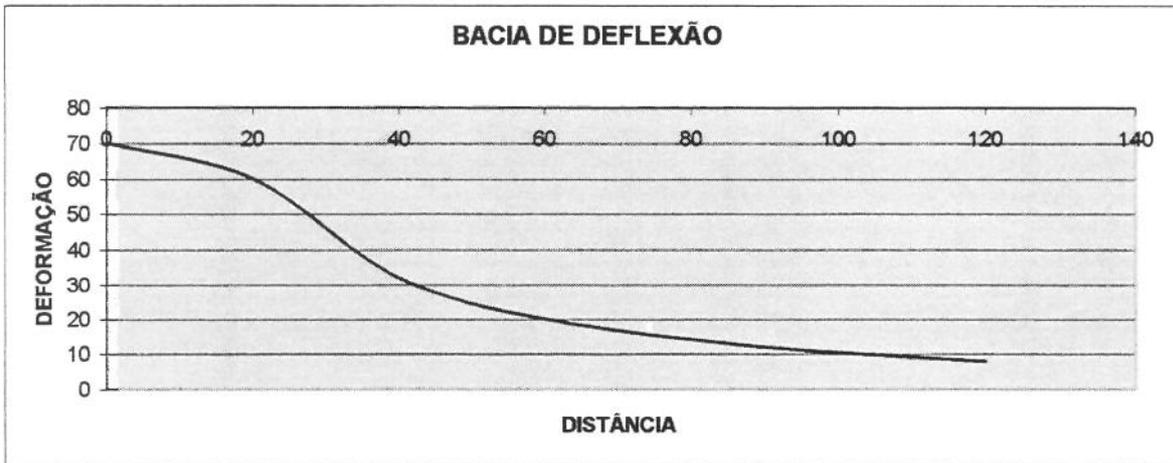
Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell



Bacia de deformação trecho Avenida Bertrand Russell

ANEXO I

DEFEITOS, CAUSAS E NÍVEIS DE SEVERIDADE

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Fissuras	Má dosagem do asfalto, excesso de finos no revestimento, compactação em momento inadequado ou compactação excessiva.	Nenhum nível de severidade.
Trincamento por Fadiga	Colapso do revestimento devido à repetida ação das cargas do tráfego; Sub-dimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; Solo com baixa capacidade de suporte; Envelhecimento; Asfalto duro e quebradiço.	Baixo: Apresenta trincas capilares, sem erosão nas bordas, com poucas conexões, paralelas ao eixo da estrada. Médio: Aparecimento de peças formadas por trincas, sem erosão nas bordas ou com pouca erosão. Alto: Apresentam erosão maior nas bordas, algumas peças estão soltas, balançando com o tráfego.
Trincamento Transversal	Contração da capa asfáltica, devido a baixas temperaturas ou endurecimento do asfalto; Propagação de trincas abaixo do revestimento da estrada.	Baixo: Com pouca ou nenhuma erosão e abertura média inferior a 6 mm. Médio: Trincas moderadamente erodidas com qualquer abertura, quer estejam seladas, quer não, trincamento aleatório de baixa severidade próximo da trinca; trincas com pouca ou nenhuma erosão. Alto: Trincas severamente erodidas, trincamento aleatório de média ou alta severidade, próximo da trinca; trincas que causam severo impacto quando os veículos atravessam.
Trincamento em Bloco	Principalmente pela contração da capa asfáltica, em função da alternância diária entre altas e baixas temperaturas; baixa resistência à tração na mistura asfáltica. Não é um defeito associado à carga, embora esta pode aumentar a sua severidade.	Baixo: Trincas não seladas e não erodidas ou com pouca erosão, cuja a largura média é no máximo 6mm; trincas seladas cujos selantes estão em condições satisfatórias para prevenir a infiltração de umidade. Médio: trincas não seladas e não erodidas ou com pouca erosão, mas cuja largura média é maior que 6 mm. Alto: Apresentam trincas em bloco severamente erodidas.

Fonte: (DOMINGUES) (4)

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Trincamento por de Propagação de Juntas	Movimentos na placa rígida, abaixo da superfície do revestimento. Geralmente não é iniciado por ação de carga de tráfego.	<p>Baixo: Trincas não-seladas com abertura de no máximo 6 mm; trincas seladas com qualquer abertura e com material selante em condições satisfatórias.</p> <p>Médio: Trincas não-seladas, não-erodidas ou com pouca erosão e com abertura média maior que 6 mm; trincamento aleatório, de baixa severidade, próximo à trinca ou na junta de trincas que se interceptam.</p> <p>Alto: Trincas severamente erodidas; trincamento aleatório, de nível de severidade médio ou alto próximo das trincas ou nos cantos das trincas que se interceptam; trincas que causam grande impacto ao veículo.</p>
Trincamento na Borda	Construção defeituosa do acostamento ou alargamento; diferença de rigidez entre os materiais constituintes do alargamento do pavimento antigo; isolamento insuficiente da separação; ação erosiva da água, devido à drenagem deficiente; largura insuficiente da pista.	<p>Baixo: Apresenta a região trincada sem quebra ou desordens de natureza diversas.</p> <p>Médio: Apresenta a região trincada com alguma quebra ou desordens de nível de severidade médio.</p> <p>Alto: Apresenta a região deteriorada com muitas quebras ou desordens de nível de severidade alto.</p>
Trincamento Parabólico	Baixa resistência da mistura asfáltica; Mau vínculo entre a superfície de rolamento e a camada subjacente da estrutura do pavimento	Não é definido nenhum grau de nível de severidade.
Remendos	Carga de tráfego; Emprego de material de má qualidade; Ação do meio ambiente; Má construção.	<p>Baixo: Apresenta-se em muito boa ou excelente condição, com desempenho satisfatório.</p> <p>Médio: Apresenta-se algo deteriorado, contendo qualquer tipo de defeito, com baixo ou médio nível de severidade.</p> <p>Alto: Quando se encontra muito deteriorado, apresenta algum tipo de defeito com alto nível de severidade.</p>

Fonte: (DOMINGUES) (4)

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Panelas	Trincas de fadiga; Desintegração localizada na superfície do pavimento; Ciclos gelo-degelo, acompanhadas da presença da umidade.	Baixo: Cobrem menos que 0,28 m ² de área. Médio: Cobrem menos que 0,10 m ² de área. Alto: Cobrem mais que 0,10 m ² de área.
Depressão	Criadas por defeitos de construção ou, são causadas por recalque do terreno de fundação ou de aterro.	Baixo: Causam alguma agitação no veículo, mas não cria desconforto. Médio: Causam agitação significativa no veículo e cria algum desconforto. Alto: Causa excessiva agitação no veículo e cria substancial desconforto, risco à segurança ou danos no veículo, requerendo redução na velocidade.
Afundamento de Trilha de Roda	Compactação inadequada durante a construção; Mistura asfáltica ruim; Enfraquecimento dos materiais abaixo do pavimento, devido à infiltração de água.	Baixo: Profundidade média do sulco compreendida entre 6mm e 12mm. Médio: Profundidade média do sulco compreendida entre 12mm e 25mm. Alto: Profundidade média do sulco compreendida maior que 25mm.
Corrugação	Falta de estabilidade da mistura asfáltica; Excessiva umidade no solo subleito; Contaminação da mistura asfáltica; Falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.	Baixo: Causam alguma vibração no veículo, mas não criam desconforto. Médio: Causam vibrações significativas no veículo e criam algum desconforto. Alto: Causam excessiva vibração no veículo, criam desconforto e, acarretam riscos de segurança ou de dano no veículo.
Deformação Plástica do Revestimento	Mistura pouco estável com fluência elevada, especialmente em altas temperaturas; má ligação entre o revestimento e a camada subjacente; Parada e saída de veículos nas interseções; Compactação deficiente dos pré misturados asfálticos.	Baixo: Causa alguma vibração no veículo, mas não cria desconforto. Médio: Causam vibrações significativas no veículo e criam algum desconforto. Alto: Causam excessiva vibração no veículo, criam desconforto e, acarretam riscos de segurança ou de dano no veículo.

Fonte: (DOMINGUES) (4)

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEL DE SEVERIDADE
Agregados Polidos	Causados pela ação de repetidas passagens dos veículos.	Não está definido nenhum nível de severidade.
Exsudação	Causada pela excessiva quantidade de ligante e pelo baixo conteúdo de vazios na mistura.	Baixo: Apresenta alguma coloração visível na superfície do pavimento. Médio: Mostra claramente a existência de excesso de asfalto livre na superfície do pavimento. Alto: Apresenta a superfície do revestimento pegajosa, com aparência molhada e, mostra claramente marca de pneus.
Empolamento	Ação do frio; Inchamento do solo do subleito; Expansão da camada subjacente de concreto de cimento portland; Raízes de árvores.	Baixo: Causa algum solavanco no veículo, mas não cria desconforto. Médio: Causa solavanco significativo no veículo e cria algum desconforto. Alto: Causa excessivo solavanco no veículo e cria substancial desconforto, risco de segurança ou, dano ao veículo, requerendo redução de velocidade.
Desintegração	Tensão de cisalhamento horizontal, conseqüente do tráfego; Massa asfáltica muito dura e quebradiça; Presença de água que entra no pavimento através dos vazios intercomunicados, sob alta pressão hidrostática motivada pelo tráfego.	Baixo: Os agregados e o ligante começam a se soltar, sem progressão significativa da corrosão. Médio: Os agregados e o ligante se soltaram e a textura da superfície está severamente irregular e esburacada. Alto: os agregados se soltaram e a textura da superfície do pavimento está severamente irregular e esburacada.

Fonte: (DOMINGUES) (4)

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Intemperismo	Solicitações tangenciais muito importantes; Emissões dos motores dos veículos, por período de tempo prolongado; Condições defeituosas de exsudação; Compactação insuficiente.	<p>Baixo: Os agregados e o ligante começam a se soltar, sem progressão significativa da corrosão.</p> <p>Médio: Os agregados e o ligante se soltaram e a textura da superfície do pavimento está moderadamente irregular e esburacada.</p> <p>Alto: Os agregados se soltaram e a textura da superfície do pavimento está severamente irregular e esburacada.</p>
Desagregação	Quebra ou inexistência do vínculo entre o agregado e o cimento asfáltico, devido à presença de poeira ou de agregado sujo; Execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis; Permanência de água na superfície do pavimento, o que provoca a remoção do asfalto pela água e pelo vapor d'água.	<p>Baixo: Os agregados e o ligante começam a se soltar, sem progressão significativa da corrosão.</p> <p>Médio: Os agregados e o ligante se soltaram e a textura da superfície do pavimento está moderadamente irregular e esburacada.</p> <p>Alto: Os agregados se soltaram e a textura da superfície do pavimento está severamente irregular e esburacada.</p>
Desnível entre Pista e Acostamento	Recalque diferencial ou bombeamento do material sob o acostamento; Elevação do acostamento devido à ação do frio ou inchamento do solo; Perda de material do acostamento não-estabilizado, em consequência do lançamento ou deslocamento de ar devido à passagem de caminhões; Defeito de construção.	<p>Baixo: Quando a diferença média em elevação entre a pista de tráfego e o acostamento está entre 6mm e 12mm.</p> <p>Médio: Quando a diferença média em elevação entre a pista de tráfego e o acostamento está entre 12mm e 25mm.</p> <p>Alto: Quando a diferença média em elevação entre a pista de tráfego e o acostamento é maior que 25mm.</p>

Fonte: (DOMINGUES) (4)

DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Separação entre Pista e Acostamento	Ação de cisalhamento do Acostamento; Movimento na borda do aterro devido ao declive; Contração do material do acostamento ou, por deslocamentos térmicos.	<p>Baixo: Apresenta abertura da junta compreendida entre 1mm e 3mm.</p> <p>Médio: Apresenta abertura da junta compreendida entre 3mm e 10mm.</p> <p>Alto: Apresenta abertura da junta maior que 10mm ou, acostamento não é pavimentado.</p>
Bombeamento d'água	Causado pela existência de vazios na superfície do pavimento, submetidos a alta pressão de água.	<p>Baixo: Apresenta nenhuma ou pequena quantidade de finos visíveis na superfície do pavimento.</p> <p>Médio: Apresenta material bombeado e pode ser observado próximo às trincas, na superfície do pavimento.</p> <p>Alto: Apresenta significativa quantidade de material bombeado na superfície do pavimento, próximo às trincas.</p>
Afloramento d'água	É causado pela existência de vazios sob a superfície do pavimento, submetidos a alta pressão d'água.	<p>Baixo: Apresenta pequena quantidade de água visível na superfície do pavimento, com pouca ou nenhuma perda de finos.</p> <p>Médio: Apresenta pequena quantidade de água na superfície do pavimento, com alguma perda de material fino.</p> <p>Alto: Apresenta significativa quantidade de água visível na superfície do pavimento, com perda substancial de material fino.</p>

Fonte: (DOMINGUES) (4)

ANEXO II

DEFEITOS, CARACTERÍSTICAS E NÍVEIS DE SEVERIDADE E COMO MEDIR

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO	Áreas submetidas a cargas repetidas do tráfego; Forma couro de crocodilo ou tela de galinheiro; Espaçamento inferior a 30cm.	BAIXA: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento. MÉDIA: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento. ALTA: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidência de bombeamento.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
TRINCAS EM BLOCO	Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares; Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m ² .	BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
TRINCAS LONGITUDINAIS	Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda.	BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas). Registrar a extensão com selante em boas condições.

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
TRINCAS POR REFLEXÃO	Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores; Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base).	BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais; Registrar o nº de trincas transversais; Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade; Registrar a extensão com selante em boas condições.
TRINCAS TRANSVERSAIS	Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo; Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão.	BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.	Registrar o nº de trincas, a extensão e os níveis de severidade correspondente. Registrar a extensão com selante em boas condições.
REMENDOS	Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m ² , removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial.	Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo.	Registrar o nº de remendos e a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
PANELAS	Buraco resultante de desintegração localizada, sob a ação de tráfego e em presença de água; Fragmentação, causada por trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento.	BAIXA: profundidade menor que 25mm. MÉDIA: profundidade entre 25 e 50mm. ALTA: profundidade maior que 50mm.	Registrar o nº de painéis e a área afetada por cada nível de severidade.
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento.	Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15m.	Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
CORRUGAÇÃO	Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento; Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração)	Associados aos efeitos sobre a qualidade de rolamento.	Registrar o nº de ocorrências e a área afetada (m ²).
EXSUDAÇÃO	Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento.	BAIXA: mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto; MÉDIA: perda de textura superficial; ALTA: aparência brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
AGREGADOS POLIDOS	Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos; Comprometimento da segurança; redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento.	Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento.	Registrar a área afetada (m ²).
DESGASTE	Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados; Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização.	BAIXA: início do desgaste, com perda de agregados miúdos. MÉDIA: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos. ALTA: textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não-pavimentado; consolidação diferencial.	Substituídos pelas medições do desnível.	Registrar o desnível (mm) a cada 15 m, ao longo da interface pista-acostamento.
BOMBEAMENTO	Saída de água pelas trincas do pavimento sob a ação das cargas do tráfego; Identificado pela deposição à superfície, de material carregado das camadas inferiores.	Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento.	Registrar o n° de ocorrências e a extensão afetada (m ²).

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

ANEXO III

DEFEITOS, CAUSAS DOS DEFEITOS E ATIVIDADES DE M & R

TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO			
SEVERIDADE	EXTENSÃO	TRÁFEGO	ATIVIDADES DE M&R
Baixa	Pequena	Leve	Não fazer nada
		Médio	Não fazer nada
		Pesado	Capa selante
	Grande	Leve	Capa selante
		Médio	Capa selante
		Pesado	Lama asfáltica
Média	Pequena	Leve	Não fazer nada
		Médio	Capa selante
		Pesado	Remendo
	Grande	Leve	Capa selante
		Médio	Lama asfáltica
		Pesado	Tratamento superficial
Alta	Pequena	Leve	Capa selante
		Médio	Remendo
		Pesado	Remendo + Drenagem
	Grande	Leve	Tratamento superficial
		Médio	Recapeamento
		Pesado	Reconstrução + Drenagem

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

TRINCAS EM BLOCO		
SEVERIDADE	EXTENSÃO	ATIVIDADE DE M&R
Baixa	Pequena	Não fazer nada
	Grande	Capa selante
Média	Pequena	Capa selante
	Grande	Selante + Lama Asfáltica
Alta	Pequena	Selante + Tratamento Superficial
	Grande	Reciclagem Recapeamento

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

TRINCAS LATERAIS	
SEVERIDADE	ATIVIDADE DE M&R
Baixa	Não fazer nada
Média	Selante
Alta	Remendo + Drenagem

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

TRINCAS LONGITUDINAIS	
SEVERIDADE	ATIVIDADE DE M&R
Baixa	Não fazer nada
Média	Selante
Alta	Remendo

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

TRINCAS POR REFLEXÃO		
SEVERIDADE	TRÁFEGO	ATIVIDADES DE M&R
Baixa	Leve	Não fazer nada
	Médio	Não fazer nada
	Pesado	Capa selante
Média	Leve	Capa selante
	Médio	Selante + Lama Asfáltica
	Pesado	Selante + Tratamento Superficial
Alta	Leve	Selante + Tratamento Superficial
	Médio	Remendo + Lama Asfáltica
	Pesado	Recapeamento

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

TRINCAS TRANSVERSAIS	
SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
Alta	Não fazer nada
Média	Selante
Baixa	Remendo

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

REMENDOS	
SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
Alta	Não fazer nada
Média	Selante + Tratamento Superficial
Baixa	Remendo

Fonte: (FERNANDES, JR., et. alli) (9)

PANELAS	
SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
Alta	Preenchimento de Buracos
Média	Remendo
Baixa	Remendo + Drenagem

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

CORRUGAÇÃO	
SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
Alta	Não fazer nada
Média	Reciclagem ou Recapeamento
Baixa	Reconstrução

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFORMAÇÃO PERMANENTE NAS TRILHAS DE RODA		
SEVERIDADE	TRÁFEGO	ATIVIDADES DE M&R
Baixa	Leve	Não fazer nada
	Médio	Não fazer nada
	Pesado	Regularização
Média	Leve	Regularização
	Médio	Reciclagem
	Pesado	Recapeamento
Alta	Leve	Reciclagem
	Médio	Recapeamento
	Pesado	Reconstrução

Fonte: (FERNANDES, JR., et al.) (10)

AGREGADOS POLIDOS		
SEVERIDADE	TRÁFEGO	ATIVIDADES DE M&R
Baixa	Leve	Não fazer nada
	Médio	Não fazer nada
	Pesado	Lama Asfáltica
Média	Leve	Lama Asfáltica
	Médio	Reciclagem
	Pesado	Tratamento Superficial
Alta	Leve	Reciclagem
	Médio	Tratamento Superficial
	Pesado	Recapeamento

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

EXSUDAÇÃO	
SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
Alta	Não fazer nada
Média	Aplicação de Areia Quente
Baixa	Tratamento Superficial

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DESGASTE		
SEVERIDADE	TRÁFEGO	ATIVIDADES DE M&R
Baixa	Leve	Não fazer nada
	Médio	Não fazer nada
	Pesado	Lama Asfáltica
Média	Leve	Lama Asfáltica
	Médio	Reciclagem
	Pesado	Tratamento Superficial
Alta	Leve	Reciclagem
	Médio	Tratamento Superficial
	Pesado	Recapeamento

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M & R
TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO	<p>Problema estrutural (espessuras inadequadas);</p> <p>Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas.</p>	<p>Manutenção: remendos (reparo permanente, no caso de problemas localizados) ou tratamento superficial e lama asfáltica (reparos temporários);</p> <p>Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural, no caso de áreas extensas);</p> <p>Reconstrução: novos materiais ou reciclados;</p> <p>OBS: geralmente associadas à saturação do subleito, sub-base ou base, as trincas por fadiga podem exigir a remoção do material saturado e a instalação de drenagem.</p>
TRINCAS EM BLOCO	<p>Contração de origem térmica (revestimento formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração) ou de variação do teor de umidade (camadas inferiores), ou ainda em razão do envelhecimento (perda de elasticidade do revestimento causada por oxidação em virtude de tempo de mistura muito longo, temperatura de mistura elevada ou período de armazenamento muito longo);</p> <p>Contração de bases tratadas com cimento ou utilização de solos tropicais.</p>	<p>Manutenção: Aplicação de selante (emulsão asfáltica seguida por tratameneto superficial, lama asfáltica ou recapeamento delgado);</p> <p>Reabilitação: reciclagem ou recapeamento (nos estágios avançados).</p>
TRINCAS NOS BORDOS	<p>Compactação insuficiente;</p> <p>Drenagem deficiente.</p>	<p>Selante para evitar entrada de água e conseqüentemente enfraquecimento estrutural.</p>

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M & R
TRINCAS LONGITUDINAIS	Má execução de juntas longitudinais de separação entre duas faixas de tráfego (menor densidade e menor resistência à tração); Contração do revestimento.	Manutenção: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia sobre o selante; Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.
TRINCAS POR REFLEXÃO	Movimentação de placas rígidas subjacentes (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solos arenosos finos lateríticas).	Manutenção: remendos e tratamento superficial ou lama asfáltica (raparos temporários); Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural: têm sido utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores; outra técnica consiste na reciclagem das porções mais superficiais do pavimento antigo, de modo a eliminar o padrão das trincas e, dessa forma, ao menos retardar o aparecimento de trincas por reflexão). OBS: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia seca sobre o selante; trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.
TRINCAS TRANSVERSAIS	Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas.	Selante para evitar entrada de água e conseqüente enfraquecimento estrutural.
REMENDOS		OBS: o simples preenchimento de panelas é chamado de "tapa-buraco".

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M & R
PANELAS	<p>Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores);</p> <p>Segregação da mistura (falta de ligante asfáltico em pontos localizados);</p> <p>Problema construtivo (drenagem inadequada).</p>	<p>Manutenção: remendos (reparo permanente);</p> <p>Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos;</p> <p>OBS: as atividades de M&R devem, sempre, serem precedidas de instalação de drenagem.</p>
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	<p>Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes);</p> <p>Dosagem da mistura (falta de estabilidade, que resulta em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados);</p> <p>Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas do tráfego; Cisalhamento (fluência plástica) causada por enfraquecimento em razão de infiltração de água.</p>	<p>Reabilitação: reciclagem, recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapeamento espesso (reforço estrutural);</p> <p>Reconstrução: novos materiais ou reciclados.</p>
CORRUGAÇÃO	<p>Falha estrutural;</p> <p>Dosagem da mistura (falta de estabilidade, em razão de excesso de asfalto, ligante asfáltico pouco viscoso, excesso de agregados finos, agregados arredondados, com textura lisa ou granulometria inadequada);</p> <p>Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento).</p>	<p>Manutenção: Remendos;</p> <p>Reabilitação: reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico); recapeamento delgado (sobre superfície regularizada: escarificação e mistura com material da base e compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento) ou recapeamento espesso (reforço estrutural);</p> <p>Reconstrução: novos materiais ou reciclados.</p>

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M & R
EXSUDAÇÃO	Excesso de ligante betuminoso; Baixo índice de vazios da mistura asfáltica; Compactação pelo tráfego (má dosagem)	Manutenção: tratamento superficial (reparo temporário) ou aplicação de areia quente, que deve ser imediatamente compactada e varrida após o resfriamento; Reabilitação: reciclagem.
AGREGADOS POLIDOS	Ação abrasiva do tráfego, que elimina as asperezas e angularidade das partículas; Seleção dos materiais (agregados com pequena resistência à abrasão, como por exemplo, agregados de rochas calcárias).	Manutenção: tratamento superficial ou lama asfáltica; Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado; Reconstrução: novos materiais ou reciclados.
DESGASTE	Dosagem da mistura (falta de ligante); Problema construtivo (superaquecimento da mistura; falta de compactação, que resulta em envelhecimento precoce; agregados sujos, úmidos ou com pequena resistência à abrasão; segregação: com a ausência de agregados miúdos, há apenas poucos pontos de ligante entre partículas da matriz de agregados graúdos, facilitando a oxidação); Perda de adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água ou abrasão; Abertura ao tráfego antes de o ligante aderir ao agregado; Execução sob condições meteorológicas desfavoráveis.	Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou lama asfáltica; Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado.
DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	Erosão do acostamento; Consolidação do acostamento.	Recomposição do acostamento.
BOMBEAMENTO	Existência de água nos vazios sob o revestimento; Pressão exercida pelas cargas do tráfego.	Drenagem.

Fonte: (FERNANDES, JR., et. al.) (10)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE