

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**MÉTODOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO DE
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PARA
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS : APLICAÇÃO E
PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AJUSTE.**

Alexandre Conti Ribeiro de Campos

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 a
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Civil, na área de concentração de Transportes.

Campinas, SP.
2004.

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese	
Prof. Dr.	<i>Cassio Eduardo Lima de Paiva</i>
Matrícula	23/08/04
Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva	
Matrícula 24558-2	
BIBLIOTECA CENTRAL	
DESENVOLVIMENTO DE COLEÇÕES	

IDADE	BC
CHAMADA	
TITULO	UNICAMP
EX	C157m
MBQ BC/	59190
DC.	16-11-04
C	☐
D	☒
EÇO	11.00
ATA	22-11/04
CPD	

325912

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

C157m Campos, Alexandre Conti Ribeiro de
Métodos de previsão de desempenho de
irregularidade longitudinal para pavimentos asfálticos:
aplicação e proposição de critérios de ajuste / Alexandre
Conti Ribeiro de Campos. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Cássio Eduardo Lima de Paiva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e
Urbanismo.

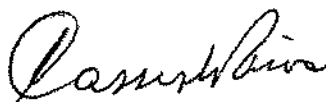
1. Pavimentos. 2. Pavimentos de asfalto. 3.
Desempenho. I. Paiva, Cássio Eduardo Lima de. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**MÉTODOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO DE
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PARA PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS : APLICAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE
AJUSTE**

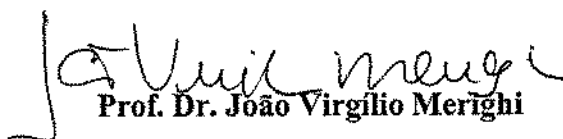
Alexandre Conti Ribeiro de Campos

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



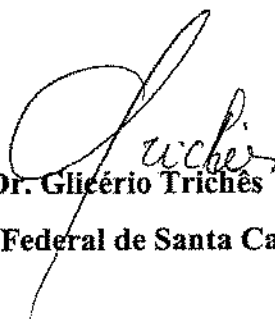
Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva

Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. João Virgílio Merighi

Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Glicério Trichês

Universidade Federal de Santa Catarina

Campinas, 13 de fevereiro de 2.004.

Agradecimentos

Aos meus pais e a Roberta, por todo o apoio, atenção e paciência dispensados ao longo de todos estes anos.

A Renovias Concessionária S. A. por tornar possível a realização deste trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva pelos ensinamentos e dedicação.

Ao amigo Eng. Manoel Peres de Barros, pelo incentivo à realização deste trabalho e pelos sábios conselhos, que tanto vem contribuindo para minha formação profissional.

Aos professores Dr. João Virgílio Merighi e Dra. Rita Moura Fortes pelos inestimáveis e imensuráveis ensinamentos e pelo exemplo de dedicação.

Ao Dr. Octávio de Souza Campos pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

A todos os que, de alguma forma, apoiaram e contribuíram com a elaboração desta dissertação.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA ESCOLHIDO.....	4
1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	8
1.4. METODOLOGIA E COMPOSIÇÃO DO TRABALHO.....	9
2. O PAVIMENTO E SUA MANUTENÇÃO.....	12
3. A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	17
3.1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	17
3.2. ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS E SERVIENTIA.....	22
3.3. O SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	27
4. ÍNDICES DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS.....	34
4.1. INTRODUÇÃO.....	34
4.2. AFUNDAMENTO NA TRILHA DE RODA.....	36
4.3. CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA.....	38
4.4. ÁREA TRINCADA.....	41
4.5. DEFLEXÃO ELÁSTICA OU RECUPERÁVEL.....	42
4.6. ESTADO DE SUPERFÍCIE.....	46
5. IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS.....	49

5.1.	DEFINIÇÃO.....	49
5.2.	IMPORTÂNCIA DA IRREGULARIDADE DOS PAVIMENTOS.....	55
5.3.	MEDIÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL.....	61
6.	MODELOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO.....	70
6.1.	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS DE DESEMPENHO ESTUDADOS.....	70
6.2.	MODELO DO HDM III.....	78
6.3.	MODELO DO HDM 4.....	83
6.4.	MODELO DO DNER - PROCEDIMENTO 159/85.....	116
6.5.	MODELO MECANÍSTICO DE SALEH, MAMLOUK E OWUSU-ANTWI.....	121
6.6.	EXEMPLO NUMÉRICO E ESTUDO DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS DE ENTRADA DOS MODELOS.....	122
6.7.	IMPORTÂNCIA DA CALIBRAÇÃO DOS MODELOS EXISTENTES.....	128
7.	CARACTERIZAÇÃO DA MALHA RODOVIÁRIA ESTUDADA.....	130
7.1.	DESCRIÇÃO DA MALHA.....	130
7.2.	TRÁFEGO.....	132
7.3.	ESTRUTURA DO PAVIMENTO.....	133
7.4.	SELEÇÃO DOS TRECHOS ESTUDADOS.....	133
7.5.	CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS ESTUDADOS.....	135
7.6.	LEVANTAMENTOS DE CAMPO.....	141
8.	APLICAÇÃO DOS MODELOS EXISTENTES AOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO E PROPOSIÇÃO DE AJUSTES.....	144
8.1.	TRATAMENTO DOS DADOS E CONCEITOS ESTATÍSTICOS.....	144
8.2.	APLICAÇÃO DOS MODELOS.....	147
8.3.	PROPOSIÇÃO DE AJUSTES AOS MODELOS.....	165
8.4.	AValiação DOS RESULTADOS.....	184
9.	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	193
10.	BIBLIOGRAFIA.....	199
10.1.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
10.2.	BIBLIOGRAFIA DE APOIO.....	209
	APÊNDICE	

LISTA DE FIGURAS

Nº	Figura	Pg.
1.1	Estrutura da presente pesquisa.....	11
2.1	Tipos de pavimentos.....	14
3.1	Vida útil de um pavimento e custo das intervenções de manutenção.....	19
3.2	Curva de Desempenho de diversas tentativas de projeto.....	22
3.3	Fatores que afetam a <i>performance</i> do pavimento.....	23
3.4	Exemplo de inter-relação entre desempenho dos pavimentos, estratégia de manutenção e reabilitação, data da intervenção e custos.....	25
3.5	Avaliação de pavimentos: principais dados de saída.....	26
3.6	Digrama de blocos dos principais componentes do projeto de pavimentos.....	29
3.7	Estrutura do HPMS.....	30
3.8	Previsão de defeitos em pavimentos.....	31
4.1	Treliça com régua para a determinação do afundamento na trilha de roda.....	37
4.2	Pêndulo Britânico.....	40
4.3	Viga Benkelman.....	43
4.4	Posicionamento da viga Benkelman para determinação de deflexões.....	44
4.5	Deflectômetros de impacto (FWD e HWD).....	45
5.1	Ondulação longitudinal e transversal.....	53
5.2	Interação entre os defeitos na deterioração dos pavimentos.....	57
5.3	Velocidade desejável em função da irregularidade longitudinal e perfil dos pavimentos para caminhões pesados, parcialmente carregados.....	59
5.4	Desgaste dos pneus em função da irregularidade longitudinal e perfil dos pavimentos para caminhões pesados, parcialmente carregados.....	60
5.5	<i>Bump Integrator</i> utilizado para os levantamentos de campo.....	65
5.6	<i>Bump Integrator</i> utilizado para os levantamentos de campo.....	65

5.7	Simulador de quarto de carro.....	67
5.8	Levantamento por Nível e Mira, na SP 340 – abril/2003.....	68
6.1	Custo total x Padrão da via.....	71
6.2	Modelos de previsão de deterioração do pavimento.....	72
6.3	Exemplos de curvas de <i>performance</i> a partir de matrizes de transição probabilísticas (modelos subjetivos).....	74
6.4	Perda de <i>performance</i> do pavimento separada por componente.....	75
6.5	Comparação dos modelos HDM 4 e MMOPP (IRI x Anos).....	77
6.6	Estrutura do modelo HDM 4.....	85
7.1	Malha viária sob concessão da Renovias e trechos estudados.....	131
7.2	Levantamento por Nível e Mira, na SP 340 – abril/2003.....	142
8.1	Valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 x valores medidos em campo.....	150
8.2	Valores estimados pelo modelo HDM III x valores medidos em campo.....	151
8.3	Valores estimados pelo modelo HDM 4 x valores medidos em campo.....	152
8.4	Valores estimados pelo modelo mecanístico x valores medidos em campo.....	153
8.5	Comparação entre valores medidos e valores projetados através dos modelos de desempenho para irregularidade (QI).....	154
8.6	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 e a irregularidade (QI) medida em campo.....	157
8.7	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM III e a irregularidade (QI) medida em campo.....	158
8.8	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM 4 e a irregularidade (QI) medida em campo.....	159
8.9	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo mecanístico e a irregularidade (QI) medida em campo.....	160
8.10	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo DNER PRO 159/85.....	161
8.11	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM III.....	162
8.12	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM 4.....	163
8.13	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo Mecanístico.....	164
8.14	Comparação entre valores medidos e valores projetados através dos modelos de desempenho ajustados.....	171
8.15	Valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 Ajustado <i>versus</i> valores medidos em campo.....	172

8.16	Valores estimados pelo modelo HDM III Ajustado <i>versus</i> valores medidos em campo.....	173
8.17	Valores estimados pelo modelo HDM 4 Ajustado <i>versus</i> valores medidos em campo.....	174
8.18	Valores estimados pelo modelo mecanístico Ajustado <i>versus</i> valores medidos em campo.....	175
8.19	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 Ajustado e os valores medidos em campo.....	176
8.20	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM III Ajustado e os valores medidos em campo.....	177
8.21	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM 4 Ajustado e os valores medidos em campo.....	178
8.22	Resíduos entre os valores estimados pelo modelo mecanístico Ajustado e os valores medidos em campo.....	179
8.23	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo DNER PRO 159/85 Ajustado.....	180
8.24	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM III Ajustado.....	181
8.25	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM 4 Ajustado.....	182
8.26	Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo Mecanístico Ajustado.....	183

LISTA DE TABELAS.

N ^o	Tabela	Pg.
1.1	Custos operacionais x gasto com pedágio na malha concessionada do estado de São Paulo.....	3
5.1	Faixas de classificação de irregularidade longitudinal, com base no IRI.....	54
5.2	Classificação dos equipamentos medidores de irregularidade longitudinal.....	62
6.1	Qualidade ao rolamento x Classe da via.....	86
6.2	Tipos de pavimentos betuminosos tratados no HDM4.....	86
6.3	Descrição dos materiais para base e revestimento de pavimentos.....	87
6.4	Coeficientes para cálculo do número estrutural.....	90
6.5	Expoente “p” para cálculo do número estrutural.....	92
6.6	Variação sugerida para o fator de drenagem DFa.....	92
6.7	Coeficiente ambiental da irregularidade longitudinal, por zonas climáticas.....	94
6.8	Indicador de defeitos construtivos em superfícies betuminosas.....	97
6.9	Coeficientes para determinação do tempo de início de trincas estruturais.....	98
6.10	Coeficientes para determinação da progressão de trincas estruturais.....	100
6.11	Coeficientes para determinação do trincamento térmico - CCT.....	102
6.12	Número máximo de trincas térmicas e tempo para que ocorra.....	102
6.13	Coeficientes para o cálculo das trincas térmicas transversais.....	103
6.14	Compactação relativa (COMP).....	105
6.15	Coeficiente para o cálculo da densificação inicial.....	105
6.16	Coeficiente para o cálculo da deformação estrutural.....	106
6.17	Coeficiente para o cálculo da deformação plástica.....	107

6.18	Indicador de defeitos de construção para base do pavimento (CDB).....	112
6.19	Fator referente ao intervalo de tempo para o tapa-buracos.....	112
6.20	Coeficiente para o cálculo do tempo de início das painelas.....	112
6.21	Coeficiente para o cálculo da progressão das painelas.....	113
6.22	Coeficiente para o cálculo do tempo de início das trincas largas.....	113
6.23	Aplicação dos modelos para 1 segmento de análise – exemplo numérico.....	123
6.24	Estudo de sensibilidade dos parâmetros de entrada dos modelos – parte 1.....	125
6.25	Estudo de sensibilidade dos parâmetros de entrada dos modelos – parte 2.....	126
7.1	Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 215 até km 47).....	136
7.2	Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 215 do km 48 ao km 49 e rodovia SP 350 do km 238 ao km 252).....	137
7.3	Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 350 do km 253 ao km 271).....	138
7.4	Resultado dos furos de sondagem e inspeção do pavimento.....	140
8.1	Média, r e r^2 para a relação entre o QI medido e o estimado pelos modelos.....	155
8.2	Fatores de ajuste estudados.....	169
8.3	Resultados obtidos com os fatores de ajuste estudados.....	170
8.4	Comparação entre os modelos estudados antes e após os ajustes propostos.....	187
8.5	Resíduos absolutos para os modelos de desempenho, antes e após os ajustes.....	188
8.6	Resíduos relativos para os modelos de desempenho, antes e após os ajustes.....	188

LISTA DE NOTAÇÕES E ABREVIATURAS

A	número de anos a partir de A'E
A ₁	amplitude de onda
A'	número de anos a partir do início de sua operação
A'E	idade do pavimento existente, na data da coleta de dados
a ₀	coeficiente = 134,0.
a ₁	coeficiente = 0,0000758.
a ₂	coeficiente = 63,0.
a ₃	coeficiente = 40,0.
a ₄	coeficiente = 0,0066.
a ₅	coeficiente = 0,088.
a ₆	coeficiente = 0,00019.
a ₇	coeficiente = 2,0.
a ₈	coeficiente = 1,5.
a ₉	limite superior para a irregularidade do pavimento, especificado pelo usuário.
AADT	média anual do volume de tráfego (veículos / dia).
AASHO	<i>American Association of State and Highway Officials</i>
AASHTO	<i>American Association of State and Highway Transportation Officials</i>
AB	Base Asfáltica (Macadame Betuminoso).
ACA	área total trincada no início do ano em análise (% da área total do segmento).
ACRA	área total trincada (% da área total do segmento).
ACRA _a	área total trincada no início do ano em análise (% da área total do segmento).
ACT	área total com trincas térmicas transversais (% da área total do segmento).

ACW	área com trincas largas no início do ano em análise (% da área total do segmento).
ACX _a	área com trincamento indexado no início do ano de análise (% da área total do segmento).
ADIS _i	percentagem de trincas largas ou de área com segregação ou número de painéis existentes por km, no início do ano em análise.
AGE2	idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos).
AGE3	idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos).
AGE4	idade do pavimento desde a última reconstrução (incluindo base) ou nova construção (anos).
a _i	coeficiente de equivalência estrutural da camada “i” do pavimento (cm ⁻¹):
a _{is}	coeficiente da camada “i” de base ou rolamento para a estação do ano “s”.
a _{js}	coeficiente da camada “j” de sub-base ou reforço de subleito para a estação do ano “s”.
AM	Mistura Asfáltica.
AP	Pavimento Asfáltico.
ARAN	<i>Automatic Road Analyser</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
b ₀	constante = 1,6
b ₁	constante = 0,6
b ₂	constante = 0,008
b ₃	constante = 0,00207
B _E	deflexão característica do pavimento existente
BGS	brita graduada simples
BGTC	brita graduada tratada com cimento
BI	<i>Bump Integrator</i>
BPR	<i>Bureau of Public Roads</i>
c ₀	constante = -0,01
c ₁	constante = 10
c ₂	constante = 0,25
c ₃	constante = 0,02
c ₄	constante = 0,05
CAL	coeficiente de atrito longitudinal
CAT	coeficiente de atrito transversal

CBR	<i>California Bearing Ratio</i> (Índice de Suporte Califórnia).
CBR _s	<i>California Bearing Ratio</i> (Índice de Suporte Califórnia) "in situ" do subleito para a estação do ano "s".
CBUQ	concreto betuminoso usinado a quente.
CCT	coeficiente para o cálculo do trincamento térmico (ver tabela 7.3.11).
CDB	indicador de defeitos de construção para base do pavimento.
CDS	indicador de defeitos construtivos em superfícies betuminosas (ver tabela 7.3.8).
CHLOE	<i>Carey, Hutckins, Lathers and Others Engineers.</i>
CMOD	módulo resiliente do solo cimento (GPa, entre 0 e 30 GPa).
COMP	compactação relativa (%) (ver tabela 7.3.14).
CRP	retardamento da progressão das trincas devido ao tratamento preventivo.
CRRI	<i>Central Road Research Institute.</i>
CRT	tempo de retardamento para o início das trincas estruturais devido à manutenção (anos).
C-SHRP	<i>Canadian Strategic Highway Research Program.</i>
CW	largura do leito carroçável (m).
d	extensão da estação seca (em fração do ano).
dACA	incremento na área de trincas estruturais durante o ano em análise (% da área total do segmento).
ΔACRA	incremento na área total trincada durante o ano em análise (% da área total do segmento).
dACT	incremento na área com trincas térmicas durante o ano em análise (% da área total do segmento).
DACX _d	alteração da área com trincamento indexado ao longo do ano de análise (% da área total do segmento).
ΔAPOT _d	alteração na área total de painéis durante o ano em análise (% da área total).
DEF	deflexão medida com viga Benkelman (mm).
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S. A.
DF _a	fator de drenagem no início do ano em análise (ver tabela 7.3.6).
dNCT	incremento no número de trincas térmicas durante o ano em análise (nº/km).
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (atual DNIT)
ΔNPT	incremento no número de painéis por quilômetro durante o ano em análise.
dNPT	acréscimo no número de painéis por quilômetro durante o ano em análise.

$dNPT_i$	acréscimo no número de panelas por quilômetro devido ao defeito “i” (trincas largas, segregação ou dilatação).
ΔQI	incremento total na irregularidade durante o ano em análise (cont/km).
ΔRDM	incremento total médio do afundamento nas duas trilhas de roda no ano em análise (mm).
$\Delta RDPD$	incremento na deformação plástica no ano em análise (mm).
ΔRDS	incremento no desvio padrão na profundidade da trilha de roda durante o ano em análise (mm).
$\Delta RDST$	incremento total na deformação estrutural no ano em análise (mm).
$DRDST_{crk}$	incremento do afundamento na trilha de roda devido à deformação estrutural após trincamento, no ano em análise (mm).
$DRDST_{uc}$	incremento do afundamento na trilha de roda devido à deformação estrutural sem trincamento, no ano em análise (mm).
ΔRI	incremento total na irregularidade durante o ano em análise (IRI em m/km).
DRI_c	incremento na irregularidade devido ao trincamento durante o ano em análise (IRI, em m/km).
DRI_e	incremento na irregularidade devido aos efeitos ambientais durante o ano em análise (IRI m/km).
DRI_t	incremento na irregularidade devido ao afundamento nas trilhas de roda durante o ano em análise (IRI m/km).
DRI_s	incremento na irregularidade devido à deterioração estrutural durante o ano de análise (IRI m/km).
DRI_i	incremento na irregularidade devido ao aparecimento de panelas durante o ano em análise (IRI m/km).
$dSNPK$	redução no número estrutural ajustado devido ao trincamento.
δt_A	fração do ano em análise em que a progressão das trincas estruturais se aplica.
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
FC 2	trinca classe 2.
FC 3	trinca classe 3.
FHA	<i>Federal Highway Administration.</i>
FM	liberdade de manobra.
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer.</i>
GB	Base Granular.
GEIPOT	Grupo Executivo para a Integração da Política de Transportes (hoje: Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes).

HDM	<i>Highway Design and Maintenance Standard Model</i>
h_i	espessura da camada “i” de rolamento ou base (mm).
H_i	espessura da camada “i” do pavimento (cm).
HPMS	<i>Highway Performance Monitoring System</i> (Sistema de Monitoramento de Performance Rodoviária).
HRB	<i>Highway Research Board.</i>
HS	espessura total da camada betuminosa de rolamento (mm).
HSNEW	espessura do recapeamento mais recente (mm).
HSOLD	espessura total das camadas de rolamento inferiores (mm).
ICA	tempo para início de trincas estruturais (anos).
ICT	tempo para início das trincas térmicas transversais (anos).
ICW	tempo para surgimento das trincas largas (anos).
IGG	Índice de Gravidade Global.
IGI	Índice de Gravidade Individual.
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias.
IPT	tempo entre o surgimento das trincas largas e o início das panelas (anos).
IRI	Irregularidade longitudinal após N repetições do eixo P, (em m/km).
IRI_0	Valor inicial de irregularidade longitudinal (m/km).
IRRE	<i>International Road Roughness Experiment</i> (Experimento Internacional sobre Irregularidade de Pavimentos).
J	trinca couro de jacaré.
k_{cia}	fator de calibração para início de trincas estruturais.
k_{cit}	fator de calibração para o início de trincas térmicas transversais.
k_{ciw}	fator de calibração para cálculo do tempo para surgimento de trincas largas.
k_{cpa}	fator de calibração para progressão de trincas estruturais.
k_{cpt}	fator de calibração para progressão de trincas térmicas transversais.
k_f	fator de calibração da razão SNP_d / SNP_w (varia de 0,1 a 10).
k_{ge}	fator de deterioração para progressão da irregularidade devido ao fator ambiental (valor padrão = 1,0).
K_{gm}	fator de calibração do coeficiente ambiental.
k_{gp}	fator de deterioração para progressão da irregularidade (valor padrão = 1,0).
k_{pi}	fator de calibração para cálculo do tempo para surgimento de panelas.

k_{pp}	fator de calibração da progressão de painéis.
k_{rid}	fator de calibração para a densificação inicial.
k_{rpd}	fator de calibração para deformação plástica.
k_{rst}	fator de calibração para deformação estrutural.
K_{snpk}	fator de calibração do SNPK.
l	comprimento de onda.
LCPC	<i>Laboratoire Central des Ponts et Chaussées</i> - Laboratório Central de Pontes e Estradas, da França.
LTPP	<i>Long-Term Pavement Performance</i> .
m	número de camadas de sub-base e reforço de subleito ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).
m_a	coeficiente ambiental (ver tabela 7.3.7).
ME	Método de Ensaio.
MERLIN	<i>Machine for Evaluating Roughness Using Low-cost Instrumentation</i> .
MMOPP	<i>Mathematical Model of Pavement Performance</i> .
MMP	precipitação média mensal (mm/mês).
n	número de camadas de rolamento e base ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).
N	Número de repetições do eixo considerado.
NAPA	<i>National Asphalt Pavement Association</i> .
NCT_a	número de trincas térmicas no início do ano em análise (nº/km).
NCT_{eq}	número máximo de trincas térmicas (nº/km), (ver tabela 7.3.12).
Np_1	número N correspondente ao período de 1 ano, iniciado em A'_E .
NPT_a	número de painéis por quilômetro no início do ano em análise.
p	expoente específico para o modelo de deterioração em estudo (ver tabela 7.3.5).
P	Carga por eixo (kN).
PACX	área com trincamento indexado na camada de rolamento antiga (% da área total do segmento).
PCI	<i>Pavement Condition Index</i> (Índice de Condição do Pavimento).
PCRA	área total trincada antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
PCRW	área com trincas largas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
PMF	pré-misturado a frio.
PMQ	pré-misturado a quente.

PNCT	número de trincas térmicas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (nº/km).
PRO	procedimento.
PSI	<i>Present Serviceability Index</i> (Índice de Serventia Atual).
PURD	<i>Portable Universal Roughness Device</i> .
QI	<i>Quarter Car Index</i> (ou Índice de Quarto de Carro).
QI _a	irregularidade do pavimento no início do ano em análise (cont/km).
QI _{A'}	irregularidade do pavimento existente no ano A'.
QI _b	irregularidade do pavimento ao final do ano em análise (cont/km).
QI _E	irregularidade do pavimento existente no ano A' _E .
RDM _a	afundamento total nas duas trilhas de roda no início do ano em análise (mm).
RDM _b	afundamento total nas duas trilhas de roda ao término do ano em análise (mm).
RDO	afundamento na trilha de roda devido a densificação inicial (mm).
RDS _a	desvio padrão do afundamento na trilha de roda, no início do ano em análise (mm).
RDS _b	desvio padrão do afundamento na trilha de roda, ao final do ano em análise (mm).
RI _a	irregularidade longitudinal no início do ano em análise (IRI m/km).
RI _{av}	irregularidade média do pavimento para o ano em análise (IRI m/km).
RI _b	irregularidade do pavimento ao final do ano em análise (IRI m/km).
SAFL	solo arenoso fino laterítico.
SB	Base Estabilizada (cal ou cimento).
SC	solo-cimento.
SGP	sistema de gerência de pavimentos.
Sh	velocidade dos veículos pesados (km/h).
SMA	<i>Stone Matrix Asphalt</i> .
SMITR	sistemas medidores de irregularidade do tipo resposta.
SN	número estrutural do pavimento.
SNBASU _s	contribuição das camadas de rolamento e de base para a estação do ano "s".
SNC	número estrutural corrigido.
SNP	número estrutural ajustado anual médio.
SNP _a	número estrutural ajustado no início do ano de análise.
SNP _d	número estrutural ajustado da estação seca.
SNPK _a	número estrutural ajustado devido ao trincamento, ao início do ano de análise.

SNPK _b	número estrutural ajustado devido ao trincamento, ao final do ano de análise.
SNP _s	número estrutural ajustado para a estação do ano “s”.
SNP _w	número estrutural ajustado para a estação úmida.
SNSUBA _s	contribuição das camadas de sub-base e reforço de subleito, para a estação do ano “s”.
SNSUBG	contribuição da camada de subleito.
SNSUBG _s	contribuição da camada de subleito para a estação do ano “s”.
ST	Tratamento Superficial.
T	espessura da camada de concreto asfáltico (mm).
TB	trinca em blocos.
T _{eq}	tempo, desde o início, para atingir o número máximo de trincas térmicas (ver tabela 7.3.12).
TLF	fator referente ao intervalo de tempo para o tapa-buracos (ver tabela 7.3.19).
TRE	trilha de roda externa.
TRI	trilha de roda interna.
TRRL	<i>Transport and Road Research Laboratory.</i>
UCS	resistência à compressão aos 14 dias (MPa).
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas.
USP	Universidade de São Paulo.
VDM	Volume Diário Médio.
VRD	valor de resistência à derrapagem.
WASHO	<i>Western Association of State Highway Officials.</i>
YAX	número anual de eixos para todos os tipos de veículos (milhões por faixa).
YE4	número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão (milhões por faixa).
z	parâmetro de profundidade medido a partir do topo da sub-base (lado de baixo da base), em mm.
z _j	profundidade do lado de baixo da camada “j” (z ₀ = 0), em mm.

RESUMO:

CAMPOS, Alexandre C. R. de. “Métodos de Previsão de Desempenho de Irregularidade Longitudinal para Pavimentos Asfálticos : Aplicação e Proposição de Critérios de Ajuste”. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 212 pág. Dissertação de Mestrado.

Como forma de racionalização dos serviços de manutenção e recuperação de pavimentos, o Sistema de Gerência de Pavimentos utiliza-se de modelos de previsão de desempenho para estimar a deterioração futura do pavimento e, assim, determinar quando e quais medidas de recuperação devem ser executadas. Entretanto, os diversos modelos de deterioração de pavimentos existentes foram desenvolvidos sob condições específicas, resultando em previsões diferentes para cada modelo, nem sempre condizentes com as condições reais apresentadas pelos pavimentos.

Este trabalho apresenta a comparação de resultados obtidos com 4 importantes modelos de previsão de desempenho funcional de pavimentos (DNER PRO 159/85, HDM III, HDM 4 e o modelo mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWT), entre si e com os dados de irregularidade longitudinal levantados com medidor tipo resposta. A partir dos resultados propõem-se ajustes aos modelos de modo a compatibilizar as estimativas dos modelos com os resultados reais obtidos em campo, que contemplaram seções de pavimento flexível e composto, ao longo de 98 quilômetros da malha rodoviária do estado de São Paulo.

Palavras Chave: Pavimento, irregularidade longitudinal, gerência de pavimentos, modelos de desempenho.

ABSTRACT:

CAMPOS, Alexandre C. R. de. "Methods for prediction models of asphalt pavement roughness : Application and proposition of adjustment criteria". Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 212 pgs. Dissertação de Mestrado.

As a form of optimization of maintenance and pavement recovery services, the pavement management system uses performance models to estimate the future deterioration of the pavement and then work out when and which recovery action should be taken. Nevertheless, the several existing deterioration models were developed under specific conditions, resulting in different predictions for each model, not always suitable for the real conditions found in the pavements.

This study shows the comparison of the obtained results in 4 important performance prediction models of pavements (DNER PRO 159/85, HDM III, HDM 4 and the mechanistic model developed by SALEH, MAMLOUK and OWUSU-ANTWI), among themselves, and compared to the measured roughness data obtained with the use of the Bump Integrator equipment. In addition, the study proposes adjustments to the models so as to make the models estimates compatible with the real results obtained from the pavement surfaces. This study was based on asphalt pavements segments, with cement stabilized or granular base, along 98 kilometers of the São Paulo State road system.

Key words: Pavement, roughness, pavement management system, performance model.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A importância das vias de transporte de carga e pessoas, promovendo assim a integração entre diversas regiões, povos e culturas data de muito tempo.

No Brasil, os primeiros empreendimentos rodoviários datam do Império, mais precisamente da segunda metade do século XIX, quando foram construídas a União e Indústria, que ligava Petrópolis a Juiz de Fora e apresentava um magnífico traçado para a época, tendo intenso tráfego; a estrada da Estrela, de Magé a Petrópolis; a estrada Graciosa, de Paranaguá a Curitiba; e a antiga via Anchieta - *caminho do mar*, de Santos a São Paulo, que é a mais antiga estrada brasileira FRAENKEL (38).

No Brasil, em virtude da deterioração e conseqüente sub-utilização do transporte ferroviário para cargas e passageiros, as rodovias têm um papel vital para o escoamento da produção agrícola e industrial, sendo, muitas vezes, a única opção para o transporte de mercadorias entre os centros produtores e consumidores, assim como até os portos e aeroportos.

Entretanto, atuação estatal vem sendo, via de regra, calcada na manutenção corretiva, não havendo, normalmente, condições de se trabalhar com manutenções preventivas que poderiam antecipar soluções aos problemas de degradação do pavimento.

Na tentativa de alterar a postura estatal em relação à conservação rodoviária e de diminuir tanto o ônus governamental quanto o custo operacional para os usuários de rodovias, começou a ser

implementado, em 1998, o Programa de Concessões Rodoviárias do Estado de São Paulo que, segundo TECTRAN (68), abrange 6.173 quilômetros de rodovias, distribuídos em 18 lotes de concessão, cujo objetivo básico é a recuperação, o melhoramento, a manutenção, a conservação, a operação e a exploração de grande parte das rodovias paulistas.

A malha rodoviária existente no estado de São Paulo, possui cerca de 26.400 km de rodovias pavimentadas, sendo 1.150 km de rodovias federais e 12.200 km de rodovias estaduais, dentre as quais 3.528 km encontram-se sob a administração da iniciativa privada, através das doze concessionárias de rodovias paulistas.

Ainda segundo o estudo realizado pela TECTRAN (68), que comparou os ganhos obtidos pelos usuários de rodovias concessionadas do estado de São Paulo com o custo decorrente do pedagiamento destas vias, (ver tabela 1.1), *“os resultados alcançados, seja utilizando os valores de custo operacional calculados a partir do modelo HDM, seja [sic] aqueles resultantes dos métodos de Custos Médios Desagregados (TransSystem), demonstram que as melhorias viárias programadas levam à redução consistente e expressiva dos custos operacionais de todas as categorias de veículos, especialmente de caminhões, variando este ganho com o número de eixos e com o padrão de custo operacional utilizado.”* Destaca-se ainda que, embora o estudo date de 1.999, a relação entre custos operacionais e custo com pedágio se mantém até os dias atuais.

Considerando ainda o estudo mencionado anteriormente, nota-se que é fundamental o desenvolvimento de políticas de manutenção viária responsáveis e de continuidade garantida, para que se possam ser alcançados os objetivos do transporte rodoviário, definidos por FRAENKEL (38) como: eficiência, conforto, progresso, segurança e independência política e econômica.

Comparação de custos a valores ref. julho de 1998

Categorias de veículos	Custos Operacionais (R\$/km)			Gasto com Pedágio (R\$/km)			Resultado Líquido	Ganho Percentual
	Sem Concessão (A)	Com Concessão (B)	Diferença (C) = (A) - (B)	Sem Concessão (D)	Com Concessão (E)	Diferença (F) = (E) - (D)		
Auto	0,18	0,15	0,02	0,02	0,05	0,02	0,00	0,00%
Ônibus	0,65	0,62	0,04	0,05	0,09	0,05	-0,01	-1,43%
Cam 2e	0,50	0,38	0,12	0,05	0,09	0,05	0,07	13,58%
Cam 3e	0,98	0,76	0,22	0,07	0,14	0,07	0,15	14,71%
Cam 5e	1,50	1,26	0,24	0,11	0,23	0,12	0,13	7,88%

Tabela 1.1: Custos operacionais x gasto com pedágio na malha concessionada do estado de São Paulo, onde “cam” significa caminhão e “e”, eixos.

Fonte: adaptado de TECTRAN (68).

Desde o período de construção das primeiras estradas no Brasil até os dias de hoje, está em curso uma grande evolução em termos de manutenção viária que, através dos Programas de Concessão, atinge seu ápice em termos de valores investidos por ação direta das empresas concessionárias na malha sob concessão, e de geração de capital para investimentos nas vias sob gestão estatal. Além disso, nos dias de hoje já existe um grande progresso em termos de preocupação com o usuário, principalmente quanto ao conforto e segurança, preocupações estas que, no passado, eram muitas vezes postas de lado em virtude da falta de verbas governamentais que garantissem tais benefícios.

Considerando que as estradas se deterioram ao longo do tempo, urge destacar, a necessidade dos investimentos, tanto na ampliação quanto na recuperação e manutenção da malha viária construída, posto que rodovias em condições adequadas de conservação representam economia à sociedade, quer na diminuição do custo operacional para os que as utilizam, impactando diretamente na diminuição do custo de todas os tipos de mercadorias transportadas por este modal, quer na diminuição da necessidade de investimentos maciços do órgão gestor, estatal ou privado, para recuperar vias que, por omissão quanto às medidas de conservação preventiva e/ou corretiva, precisem ser, praticamente, reconstruídas.

A concessão de alguns lotes viários à iniciativa privada, teve como fator benéfico a obrigatoriedade de realização de investimentos pesados na recuperação de importantes corredores rodoviários do estado de São Paulo, garantindo, por um período de 20 anos, a manutenção da malha concessionada em níveis excelentes, quanto às características funcionais de conforto e segurança e quanto às condições estruturais e dos pavimentos, níveis estes impostos através dos rígidos limites estabelecidos pelos editais de concessão quantos aos índices de desempenho dos pavimentos.

Estas exigências contratuais, que visam garantir a segurança e o conforto do usuário, a diminuição dos custos operacionais e a preservação do patrimônio viário estatal, apresentam ainda, como benefício secundário, o incentivo ao desenvolvimento de tecnologia e de pesquisas que venham a obter soluções construtivas e de projeto, para aumentar o fator benefício/custo das atividades de manutenção.

Exemplos disso foram o desenvolvimento, a implantação e o aperfeiçoamento dos sistemas de gerência de pavimento, em todas as concessionárias do estado de São Paulo, o que vêm a fomentar a pesquisa e o estudo das curvas de previsão de desempenho, para os diversos tipos de pavimentos existentes nas rodovias estaduais, e a utilização, em larga escala, de novas tecnologias em termos de materiais para pavimentação, tais como o micro-revestimento asfáltico com polímero, o tratamento superficial com polímero, o asfalto borracha, as técnicas de reciclagem de capa e base e entre outras.

1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA ESCOLHIDO

Em função da busca por alternativas de manutenção de pavimentos que tragam melhores resultados, tanto para quem investe quanto para quem os utiliza, é fundamental o estudo do comportamento dos pavimentos em relação à sua deterioração e aos resultados que determinada atividade de manutenção introduz no pavimento, de modo a possibilitar que sua recuperação seja realizada de forma racional e científica.

A deterioração dos pavimentos ocorre devido ao aumento dos defeitos funcionais, aliado à perda de capacidade estrutural ao longo do tempo, em função do tráfego solicitante e da magnitude dos esforços impostos por este, à idade do pavimento e ao conseqüente período de exposição às intempéries que, dependendo do tipo de clima da região, serão mais ou menos prejudiciais ao pavimento .

Na tentativa de mensurar a deterioração dos pavimentos e, desta forma, programar e planejar a execução de medidas de manutenção preventiva, foram criados os diversos índices de desempenho dos pavimentos, que visam retratar as várias características dos pavimentos como, por exemplo, o estado de superfície, a deflexão ou deformação recuperável, as condições de segurança, o afundamento nas trilhas de roda, o grau de trincamento e a irregularidade longitudinal da superfície dos pavimentos.

Dentre estes índices, McLEAN; SWEATMAN (56) destacam que a irregularidade superficial é considerada uma medida direta do conforto ao rolamento que a rodovia propicia, representando assim, uma boa medida da condição geral, tanto da superfície da via quanto das condições gerais do pavimento.

A importância da irregularidade longitudinal para o usuário das rodovias pode ser observada no resultado da pesquisa de campo, conduzida por JORGE; CYBIS; SENNA (47), que se utilizaram de pergunta livre aos usuários para questioná-los sobre quais os fatores que influenciavam na escolha de rotas. O resultado apontou que 35% dos entrevistados identificaram o tempo de viagem como principal atributo, seguido da qualidade do pavimento com 23% das respostas, fluidez com 21%, distância com 16% e, finalmente, paisagem com 5%.

Os resultados desta pesquisa realizada por JORGE; CYBIS; SENNA (47), demonstram a importância da qualificação do estado dos pavimentos através de um índice que expresse a qualidade do pavimento quanto ao rolamento e defeitos funcionais; este índice é a irregularidade longitudinal dos pavimentos.

Conforme definição da ASTM E-867-02A (04), a irregularidade longitudinal é dada pelos desvios da superfície de um pavimento em relação a uma superfície plana, com características e dimensões que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, o carregamento dinâmico e a drenagem.

Devido à sua importância e à difusão dos sistemas de gerência de pavimentos ocorrida na última década, foram desenvolvidos diversos modelos de previsão de desempenho dos pavimentos, que objetivam determinar quando determinado pavimento irá atingir condições críticas no que tange à irregularidade longitudinal, situação indicativa da necessidade de intervenções de manutenção. Os modelos, além de prever o período de vida útil dos pavimentos, auxiliam na determinação do tipo de intervenção que trará melhor benefício à sociedade.

Diversos destes modelos, com as mais variadas origens, difundiram-se mundialmente (outros, somente nacionalmente), sendo utilizados por diversos segmentos do setor de transportes como parte integrante dos sistemas de gerência de pavimentos.

A escolha dos modelos de desempenho a serem aplicados neste trabalho, teve como objetivo selecionar modelos atuais, que são correntemente utilizados pelos técnicos rodoviários em atividade, tanto no Brasil quanto no exterior, abrangendo o único método do DNER que propõe curvas de desempenho dos pavimentos para a determinação do término da vida útil funcional e estrutural do pavimento (DNER 159/85), as versões mais recentes do programa HDM - *Highway Design and Maintenance Standard Model* (III e 4); embora a versão 4 seja mais moderna e abrangente, a versão III ainda é muito utilizada, posto que está mais difundida no meio técnico brasileiro. Além dos modelos descritos acima, foi estudado um modelo de origem mecânica mais simplificado que os demais, de modo a testar sua correlação com os modelos mais complexos.

Entretanto, devido às diversas origens e metodologias de cálculo destes modelos, a utilização dos mesmos deve ser cuidadosa e sempre acompanhada da devida calibração para cada situação, visto que o comportamento destes modelos pode mostrar-se extremamente satisfatório para

determinados pavimentos, climas ou condições de tráfego e, no entanto, ocasionar sérios equívocos em situações diferentes daquela para as quais o modelo foi desenvolvido.

Isto posto, é de extrema importância a calibração de todo e qualquer modelo de previsão de desempenho, conforme exposto por HAAS (1994), *apud* SESTINI; SÓRIA; QUEIROZ (65), que afirma que os modelos de deterioração devem ser aferidos ou modificados de maneira a refletir com acuracidade as condições do local onde serão aplicados.

LERCH *et al.* (51) compararam dois dos principais modelos de previsão de irregularidade de pavimentos - o modelo linear do HDM 4 e o bi-linear do HDM III - para previsão de irregularidade longitudinal após recapeamentos, em pavimentos com revestimentos asfálticos. Segundo os próprios autores, o trabalho em questão evidencia a necessidade de realização de estudos comparativos entre a evolução da irregularidade longitudinal observada na prática e as previsões feitas pelos modelos existentes. Recomendam, ainda, a busca do ajuste dos modelos de previsão de desempenho inseridos no HDM 4, de modo que se obtenham previsões mais realistas.

A proposta de ajuste de modelos existentes, ao invés da proposição de um novo modelo para a malha em questão, se deu em função dos poucos dados disponíveis até o momento, posto que a irregularidade longitudinal foi levantada em uma primeira etapa no ano de 1.998 e, posteriormente, em uma segunda etapa no ano de 2.003.

Tentou-se, ainda, a obtenção de dados anteriores relativos a levantamentos de irregularidade dos pavimentos em análise neste trabalho, no período anterior ao das concessões rodoviárias, mas os mesmos não se encontravam disponíveis.

Desta forma, os dois levantamentos existentes não foram suficientes para a proposição de um modelo próprio de desempenho funcional para os pavimentos estudados, embora permitam a calibração dos diversos modelos existentes, para as condições em análise.

O presente trabalho pretende, portanto, abordar um tema atual e de grande importância em termos de evolução tecnológica, visto que o estudo dos mais importantes modelos de previsão de

desempenho funcional de pavimentos asfálticos irá auxiliar, tanto na economia em termos de investimentos com manutenção quanto no aumento da segurança e do conforto aos usuários das rodovias brasileiras, além de possibilitar a diminuição dos custos operacionais relacionados ao transporte de passageiros e produtos.

Destaca-se a grande contribuição que os estudos das equações de previsão dos índices de desempenho funcional para pavimentos asfálticos deverão trazer às concessões recém implantadas, que se encontram atualmente em estágio de desenvolvimento e calibração de seus sistemas de gerência de pavimentos e contam com um grande volume de obras de manutenção de pavimentos asfálticos, havendo, portanto, um grande campo de aplicação para as conclusões que este trabalho busca obter.

Além do ganho que o ajuste das equações de previsão de desempenho poderá trazer às atividades de manutenção que serão conduzidas em larga escala nos próximos anos, observa-se que, com o advento das concessões rodoviárias e a obrigatoriedade de levantamentos periódicos de forma contínua para os diversos dados relativos aos pavimentos - incluindo os vários índices de desempenho, dentre eles a irregularidade longitudinal - deverá ser gerada uma grande massa de dados, rica em detalhes, representando uma oportunidade única para o estudo e a calibração dos mais importantes modelos de desempenho.

1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho objetiva a análise de importantes modelos de previsão de irregularidade longitudinal de pavimentos asfálticos, nacional ou internacionalmente consagrados, bem como a proposição de ajustes a estes modelos, de forma que as previsões se adequem aos pavimentos componentes da malha rodoviária estudada, minimizando o erro na determinação da solução de restauração mais apropriada, assim como do período de intervenção proposto.

A análise dos modelos de previsão de desempenho para irregularidade longitudinal irá contemplar:

- o modelo difundido nacionalmente, constante do Procedimento 159/85 do DNER;

- o modelo internacionalmente utilizado, constante do HDM III;
- o modelo recentemente aperfeiçoado, constante do HDM 4;
- o modelo mecanístico desenvolvido por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI e apresentado no *Transportation Research Board* em 2.000.

Visando conduzir esta análise, o presente trabalho irá comparar dados medidos em campo no ano de 2.003, com a previsão de cada modelo descrito acima para o mesmo período, baseada em levantamentos anteriores (1998).

Em função desta análise, o trabalho irá apresentar ajustes aos modelos estudados, possibilitando que as previsões realizadas através destes modelos ajustados aproximem-se dos valores medidos em campo e que, portanto, possam ser aplicados a pavimentos com características similares em termos de composição, estrutura, meio ambiente e solicitação de tráfego, resultando na otimização dos sistemas de gerência de pavimento e, conseqüentemente, contribuindo para a melhoria do padrão de conservação das estradas brasileiras e a otimização dos investimentos do setor rodoviário.

1.4. METODOLOGIA E COMPOSIÇÃO DO TRABALHO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada, basicamente, a metodologia de pesquisa bibliográfica, abrangendo diversas publicações nacionais e internacionais, sob a forma de livros, artigos científicos de congressos ou periódicos especializados e outras.

O autor utilizou-se de ferramentas de busca bibliográfica que possibilitavam o acesso tanto a publicações em formato digital - através de artigos disponibilizados na internet - quanto ao acervo dos principais cursos de Engenharia do país e do exterior, através do intercâmbio de publicações entre estas instituições, tanto públicas quanto privadas. Desta forma, foi possível subsidiar e embasar a pesquisa em função do conhecimento exposto nas diversas publicações, objeto da pesquisa bibliográfica, abrangendo os mais renomados autores.

O trabalho foi estruturado sob a forma de capítulos. No início, possibilitam a introdução do leitor com relação ao assunto objeto da pesquisa. No capítulo seguinte, foi descrito o tema do trabalho. Após, seguiu-se a apresentação da metodologia, do resultado e da análise da pesquisa. E, finalmente, as conclusões e sugestões para novas pesquisas.

De modo a facilitar o entendimento e a visualização da composição deste trabalho, a figura 1.1 apresenta a sua estrutura, onde o fundo escuro indica os capítulos e, o fundo branco, os itens.

Os dados referentes às medições de irregularidade longitudinal, bem como as características dos segmentos viários em estudo, tanto no que diz respeito as características físicas e construtivas, incluindo o histórico de intervenções, quanto as condições de tráfego, climáticas e ambientais, foram levantados junto a Renovias Concessionária S. A., através das informações constantes do banco de dados da concessionária, referente às rodovias SP 215 e SP 350, no período compreendido entre os anos de 1.998 e 2.003.

ESTRUTURA DESTA PESQUISA

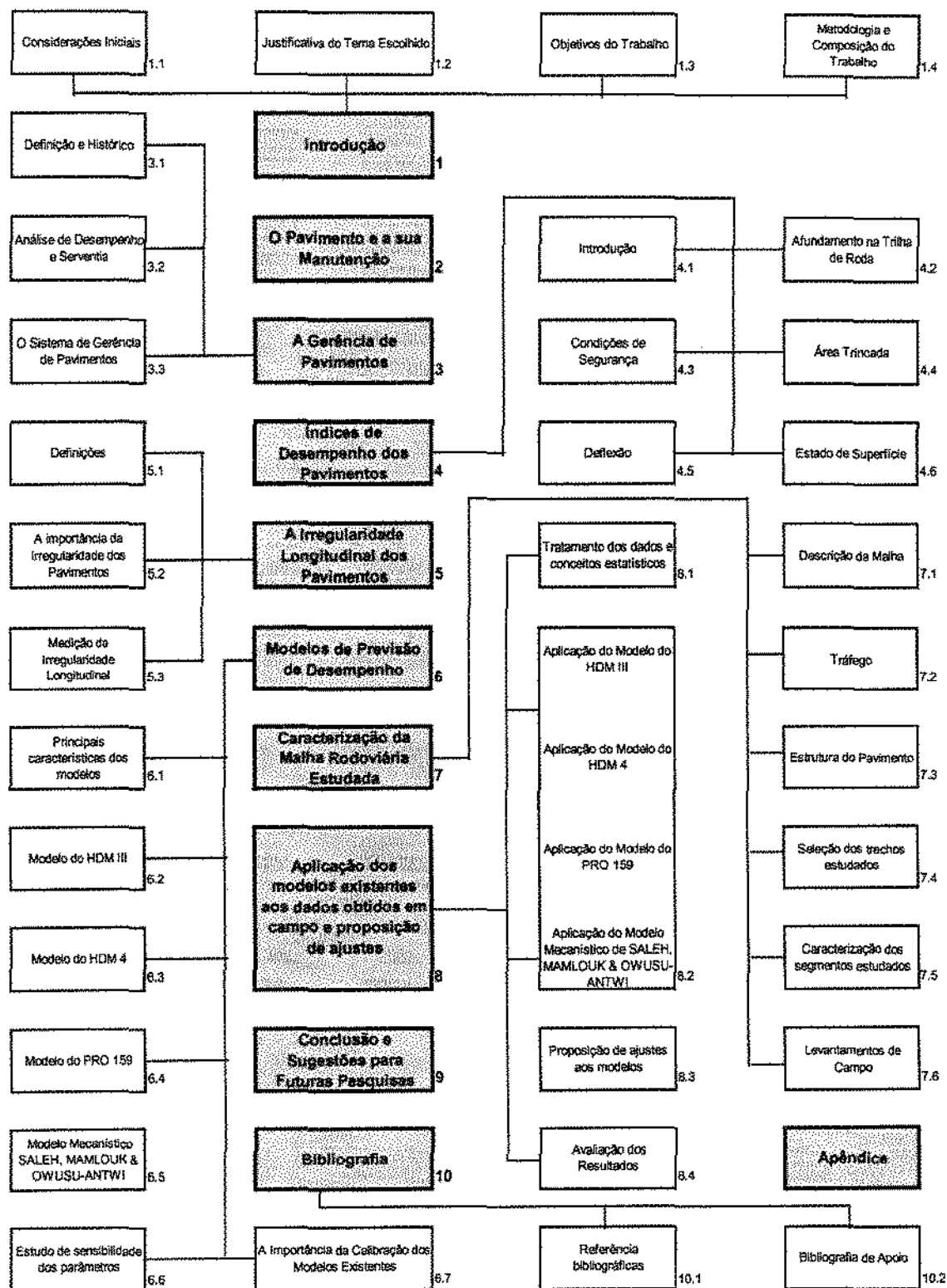


Figura 1.1: Estrutura da presente pesquisa.

2. O PAVIMENTO E SUA MANUTENÇÃO

O pavimento de uma rodovia pode ser apontado como o seu principal componente, sendo o mesmo responsável pela durabilidade da via, quando proporciona um rolamento confortável e por apresentar condições adequadas de segurança aos usuários.

De acordo com MELO, *apud* PINTO; PREUSSLER (61), o pavimento deve possuir as seguintes características:

- resistência para suportar os esforços impostos pelo tráfego e distribuí-los ao terreno sobre o qual assenta (subleito);
- possuir as condições de rolamento, tal que permitam uma circulação fácil, cômoda e segura;
- permitir que seja executado o reforço da estrutura existente, de forma compatível com o crescimento do volume de tráfego e deterioração dos pavimentos;
- conservar suas qualidades sob ação das intempéries.

Os pavimentos podem ser classificados segundo a sua estrutura, como:

Rígidos, quando apresentam camada de revestimento com elevada rigidez em relação às camadas inferiores, geralmente de concreto, absorvendo praticamente todas as tensões provenientes do carregamento imposto pelo tráfego;

Flexíveis, quando apresentam revestimento betuminoso, e o carregamento, imposto pelo tráfego, provoca deformação elástica significativa em todas as camadas;

Composto, quando apresenta base ou sub base de alta rigidez, cimentada quimicamente (como, por exemplo, a base de solo cimento), revestida com camada asfáltica.

Os pavimentos compostos são chamados de *invertidos*, quando são constituídos por uma camada de base granular, que funciona como camada anti reflexão de trincas, disposta sobre a camada de sub-base estabilizada quimicamente, sob revestimento flexível.

Os pavimentos rígidos, que apresentam camada de rolamento rígida (concreto) ao serem recapeados com material asfáltico e, portanto, flexível, são denominados de *compostos*, apresentando uma camada de rolamento flexível assente sobre o antigo revestimento rígido.

Os pavimentos flexíveis e compostos, objetos deste trabalho, são constituídos das seguintes camadas:

- *Subleito*: solo local regularizado e compactado, após as obras de terraplenagem.
- *Reforço do subleito*: quando necessário, devido à baixa qualidade do subleito local, executa-se uma camada com material de qualidade superior ao subleito, geralmente solo selecionado, com características compatíveis com sua utilização.
- *Sub-base*: é a camada que se situa entre o reforço de subleito, ou o próprio subleito, e a base do pavimento. Geralmente construída em rodovias com pavimento espesso, (submetidas a tráfego pesado), devido a critérios econômicos, ou seja, é constituída de material menos nobre que a base, tendo como função diminuir a espessura desta última, resultando em um pavimento mais econômico.
- *Base*: apresenta a função de suporte estrutural, resistindo, em parte, às tensões impostas pelo tráfego e distribuindo-as adequadamente às camadas inferiores, possuindo as camadas de rolamento assentes sobre a mesma, de modo a protegê-la das intempéries e do contato direto com o pneu dos veículos. No caso dos pavimentos flexíveis, a camada de base, assim como a de sub-base, é composta por materiais granulares, tais como brita graduada (BGS), brita corrida, macadame hidráulico ou betuminoso, mistura de solo-brita ou solo arenoso fino laterítico (SAFL). Já os pavimentos compostos apresentam camadas de base, ou sub-base (no caso dos pavimentos *invertidos*), estabilizadas quimicamente, geralmente solo-cimento (SC) ou brita graduada, tratada com cimento (BGTC).

- **Revestimento:** para os tipos de pavimentos considerados, é uma camada flexível aposta à base, cujo objetivo é resistir diretamente às ações do tráfego e impermeabilizar o pavimento, sendo composta da mistura de materiais betuminosos e agregados minerais, usinados ou não, que deve resistir à abrasão do tráfego, impedir ou reduzir a penetração de água nas outras camadas do pavimento e proporcionar rolamento confortável e seguro, com baixo nível de ruído. É cada vez maior o número de tipos de material de revestimento existentes e, entre os principais, citam-se os tratamentos superficiais (simples, duplos e triplos), o concreto asfáltico usinado à quente (CBUQ), o pré-misturado à frio ou à quente (PMF ou PMQ), o *Stone Matrix Asphalt* (SMA), a lama asfáltica e os micro-revestimentos asfálticos modificados com polímeros ou borracha.

A figura 2.1 contempla exemplos de seções transversais esquemáticas de pavimentos rodoviários:

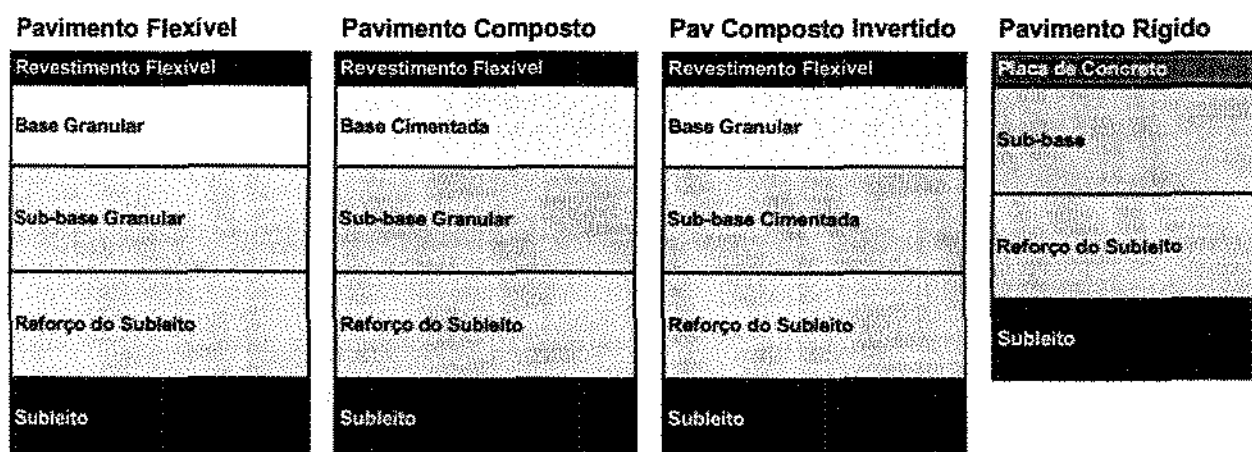


Figura 2.1: Tipos de pavimentos.

O pavimento rodoviário se deteriora em função de sua idade, do carregamento imposto pelo tráfego e dos efeitos do meio ambiente, de forma que, com o passar do tempo, o pavimento vai deixando de exercer as funções para as quais foi projetado.

O pavimento apresenta importância fundamental para a economia do país, posto que é a essência da rodovia, sendo, esta última, o principal meio de escoamento da produção agrícola e industrial no Brasil.

Desta forma, a deterioração dos pavimentos deve ser impedida sempre que possível ou, ao menos, retardada, através de intervenções, preferencialmente preventivas, que devem ser realizadas no momento oportuno, para que os investimentos realizados, sob a forma de construção destas estradas, não sejam perdidos, o que ocasionaria acréscimo nos custos de transportes que, conseqüentemente, seriam repassados às mercadorias transportadas e, portanto, a toda a sociedade.

A manutenção dos pavimentos rodoviários pode ser dividida em: manutenção de rotina, manutenção emergencial, manutenção programada (manutenção corretiva pesada) e a reconstrução dos pavimentos.

A manutenção corretiva, ou conserva de rotina, é composta de atividades de custo reduzido, que devem ser executadas diariamente, à medida que forem surgindo os defeitos no pavimento. As atividades que compõem a conservação de rotina visam diminuir a velocidade de degradação do pavimento e, conseqüentemente, adiar as atividades de reabilitação, que são muito mais onerosas e complexas. A selagem de trincas, as operações tapa-buracos, e a fresagem e recomposição com micro-revestimento de pontos defeituosos do pavimento asfáltico, ou de trilhas de roda acentuadas, são exemplos de atividades de conservação de rotina.

A manutenção corretiva programada é composta de atividades de reabilitação do pavimento, ou seja, de intervenções que se traduzem em ganho estrutural ao pavimento existente, e deve ser executada antes que o pavimento atinja o estágio de ruína, que é o estado em que o mesmo não poderá ser recuperado através da execução de camadas apostas ao pavimento existente, restando somente a alternativa de reconstrução. As atividades de reabilitação contemplam todas as intervenções que tragam ganho estrutural ao pavimento, através da execução de camadas asfálticas sobre o pavimento a ser recuperado, tais como as atividades de recapeamento ou as atividades de fresagem e recomposição da espessura fresada com CBUQ. Também fazem parte

da manutenção corretiva programada as atividades de reciclagem da camada de rolamento, e/ou da base, do pavimento a ser restaurado. Estas atividades de reabilitação são indicadas quando o pavimento atinge o fim de sua vida útil, ou seja, quando a vida de serviço do pavimento não pode mais ser prolongada através de atividades de manutenção rotineira.

Em casos em que a manutenção programada não é executada, quer por falta de verbas, quer por ingerência dos órgãos gestores, o pavimento terá sua deterioração cada vez mais acelerada, até que não seja possível recuperá-lo através de atividades de reabilitação, tal como recapeamentos. A esta altura, a única alternativa possível é a remoção do pavimento existente e a reconstrução do mesmo ou, ao menos, a reciclagem de capa e de base, através da qual a camada de base e a camada de capa do pavimento a ser restaurado são transformadas na base do pavimento novo e, aposta a esta camada, é executada uma nova camada de rolamento. Ressaltam-se que estas soluções resultam em um custo em muito superiores aos das atividades de reabilitação do tipo recapeamentos, resultando em desperdício de verbas.

Após o exposto acima, aconselha-se a execução, sempre que possível, das atividades de manutenção preventiva e/ou rotineira, posto que resultam em baixo custo e, se executadas de forma correta e periódica, irão adiar por longos períodos as atividades de manutenção programadas, que resultam em um custo muito superior. Entretanto, as atividades de reabilitação, quando forem inadiáveis, devem ser executadas de forma a evitar a completa degradação do pavimento, degradação esta que, além de acarretar absoluta falta de conforto e de risco para a segurança do usuário, só poderá ser reparada com a reconstrução do pavimento, obra de custo extremamente superior ao das atividades de recapeamento.

3. A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

3.1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Segundo dados do Anuário Estatístico dos Transportes, do GEIPOT (39), de 2001, o Brasil, com seus 8,5 milhões de quilômetros quadrados, possuía uma rede de estradas que somava 1.724.929 quilômetros, sendo 164.988 quilômetros pavimentados. Desta extensão pavimentada, 56.097 quilômetros eram de rodovias federais e 75.974 quilômetros de rodovias estaduais, dentre as quais 12.202 quilômetros de rodovias estaduais ficavam no estado de São Paulo. Nos últimos anos, a exceção dos segmentos concedidos à iniciativa privada e de alguns poucos trechos que vem sendo duplicados, nota-se que a situação das estradas vêm piorando ano após ano.

Uma boa malha viária pode acelerar o desenvolvimento agrícola e rural, promover a indústria e o comércio, melhorar a viabilidade das zonas urbanas, contribuindo com o aumento dos empregos, da educação e das oportunidades em geral, conforme explica a *INTERNACIONAL ROAD FEDERATION* (1990) *apud* QUEIROZ (62).

Em países extremamente dependentes do transporte rodoviário, como no caso do Brasil, o estado do pavimento das rodovias tem influência significativa no custo de vida da sociedade como um todo, posto que estradas em condições precárias aumentam o custo operacional dos veículos assim como o tempo de viagem, o que gera reflexo imediato no valor do frete que, por sua vez, terá influência no valor final dos produtos transportados e, conseqüentemente, no poder de compra da população em geral.

Isto colocado, como forma de preservar os investimentos viários, minimizando seus custos, tanto para a sociedade (incluindo os usuários) quanto para o órgão gestor, surge a gerência de pavimentos.

De acordo com HAAS (43), o início da gerência de pavimentos, como um processo, se deu nos anos 60, baseando-se na integração dos princípios de sistemas, das tecnologias de engenharia e das avaliações econômicas. Já a integração dos sistemas de gerência de pavimentos com outros sistemas gerenciais, teve início por volta de 1990.

HAAS (43) afirma ainda que o *AASHTO Road Test*, realizado entre 1958 e 1961, proporcionou uma enorme contribuição à gerência de pavimentos, através dos conceitos de *serventia* e *performance*, da modelagem de irregularidade longitudinal, do conceito de carga por eixo equivalente e da análise de materiais e estruturas.

A gerência de pavimento é definida por HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (1994), *apud* FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI (37), como um processo que inclui todas as atividades envolvidas com o propósito de manter pavimentos em um nível adequado de serviço, compreendendo desde a obtenção de informações para o planejamento e elaboração de orçamentos, até a monitorização periódica do pavimento em serviço, passando pelo projeto e construção do pavimento, sua manutenção e sua reabilitação ao longo do tempo.

Conforme WILDE; WAALKES; HARRISON (74), uma análise completa, em termos de custos relacionados ao ciclo de vida do pavimento, é capaz de identificar a alternativa de projeto, para o pavimento em estudo, que representa a melhor combinação entre custos para o órgão gestor, custos para os usuários e custos externos (por exemplo, ruído e poluição ambiental), de modo que a alternativa escolhida seja aquela que resulte em uma melhor *performance* geral, considerando todos estes componentes.

Um dos principais objetivos da gerência de pavimentos é a programação das intervenções necessárias ao pavimento, ao longo do tempo, de forma a manter as condições estruturais, de rolamento e de segurança, em patamares aceitáveis e consumindo a menor quantidade de recursos

possível, ajustando-se dentro dos limites orçamentários impostos pelos recursos disponíveis ao órgão gestor, de forma a não permitir a deterioração acentuada do patrimônio público, que incorreria na perda dos valores investidos por ocasião da construção do mesmo.

Ressalta-se aqui que, uma das funções da gerência de pavimentos, é a de definir se o pavimento encontra-se próximo ao seu limite aceitável de deterioração ou não e, desta forma, definir qual medida de manutenção deve ser tomada.

A gerência de pavimentos visa obter a melhor estratégia de manutenção ou alocar os recursos disponíveis, através da priorização dos investimentos necessários, de modo que seja obtido o melhor custo/benefício, quer para a sociedade, quer para o órgão gestor da rodovia.

A figura 3.1 compara os custos de manutenção envolvidos nas diversas etapas que fazem parte da vida útil de um pavimento.

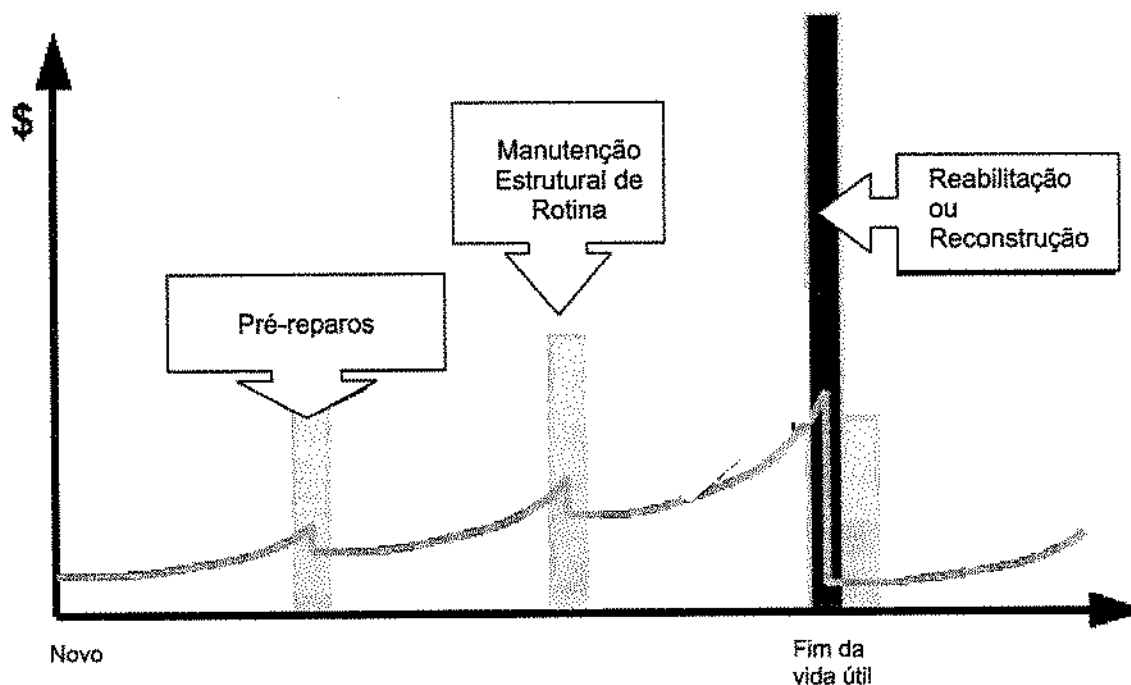


Figura 3.1: Vida útil de um pavimento e custo das intervenções de manutenção.

Fonte: adaptado de FAWCETT; FOLEY (34).

É irrefutável, a importância da gerência de pavimentos, diante dos fatos apresentados pelo WORLD ROAD ASSOCIATION (75):

- Para cada dólar não investido em manutenção viária, os usuários acabam desembolsando 3 dólares em custos extras de transporte, e continua sendo necessário reparar o pavimento. Este fato gera um efeito multiplicador danoso a toda a economia.
- Enquanto a construção de 1 km de rodovia pavimentada, com 2 faixas de tráfego, custa cerca de 175 mil dólares, a manutenção anual da mesma irá custar cerca de 6 mil dólares. Ao negligenciar esta manutenção, o custo futuro de se recuperar o segmento será cerca de três ou quatro vezes maior; ou seja, economicamente é uma perda injustificável.
- Em um estudo em que foi analisado como cerca de 85 países alocavam recursos em manutenção viária, identificou-se que um gasto de 12 bilhões de dólares em manutenção preventiva, poderia evitar um custo de 40 bilhões de dólares em reconstrução.

A gerência de pavimentos é fundamental para alocar os recursos em local e período corretos, e para evitar a perda de recursos, decorrente da realização de uma intervenção de manutenção muito cedo ou muito tarde.

Entende-se, como sendo de grande importância, que seja feito o acompanhamento do pavimento através do sistema de gerência de pavimentos, durante todo o seu ciclo de vida, posto que, segundo GHANA HIGHWAY AUTHORITY (40), já nos primeiros anos do ciclo de vida do pavimento de uma rodovia, a deterioração se inicia lentamente, de modo quase imperceptível. Nesta fase, a rodovia ainda encontra-se em condições satisfatórias e o custo operacional dos veículos é baixo. Deteriorações posteriores, trazendo a rodovia ao padrão razoável, levarão a um crescimento dos custos operacionais dos veículos e ao início de reclamações advindas dos usuários. Se a condição da rodovia seguir piorando, o processo de deterioração sofrerá grande aceleração e os custos operacionais irão crescer imensamente.

Além dos custos de manutenção do pavimento, dos custos operacionais impostos aos usuários e da influência dos pavimentos no chamado *custo Brasil*, os mais importantes custos, que afetam a sociedade como um todo, são os relativos à segurança viária. Mesmo considerando que na

maioria dos casos os acidentes rodoviários são causados por imprudência dos motoristas, nos demais casos, os mesmos estão intimamente ligados às características geométricas e de sinalização da via, à qualidade do pavimento viário e ao estado de conservação e idade da frota de veículos (de acordo com o GEIPOT (39), mais de 70% da frota utilizada para transporte de carga no Brasil apresentam idade superior a 10 anos).

A importância da redução do número de acidentes nas rodovias brasileiras, pode ser observada através dos números apresentados pelo GEIPOT (39), que aponta para o ano de 2.000 a ocorrência de 11.971 acidentes de trânsito nas rodovias federais policiadas do estado de São Paulo, que possuem uma extensão de 1.146 km, o que resulta em uma média superior a 10 acidentes/km/ano.

A grande quantidade de acidentes rodoviários, que ocorrem no Brasil, geralmente de maior gravidade do que os acidentes de trânsito ocorridos em vias locais devido a maior velocidade dos veículos envolvidos, demandam providências imediatas no sentido de evitar o maior número possível destes acidentes, minimizando assim os custos deles decorrentes.

Segundo NELTHORP; MACKIE; BRISTOW (58), o custo total com acidentes rodoviários divide-se em duas partes:

- Custos relacionados às vítimas: variam de acordo com o número de vítimas envolvidas nos acidentes e incluem: prejuízo material, serviços policiais e de bombeiros, administração de seguros, custos legais (tribunais) e atrasos gerados a outros passageiros.
- Custos relacionados aos acidentes: outros custos que são tomados como médios por acidente. Por exemplo: custos de atendimento médico, perdas potenciais e custos humanos, tais como dor e sofrimento.

GOLD (41) destaca, ainda, a dificuldade de quantificar monetariamente a dor e o sofrimento físico causados pelos acidentes, principalmente em casos envolvendo mortes.

Desta forma, observa-se que, seja para preservar vidas humanas, seja para promover o crescimento econômico regional e nacional melhorando a condição do transporte de cargas e passageiros, a aplicação dos conceitos de gerência aos pavimentos rodoviários é fundamental e obrigatória.

3.2. ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS E SERVENTIA

O desempenho dos pavimentos pode ser definido, segundo OLIVEIRA (60), como uma medida obtida a partir do histórico do nível de serviço acumulado do pavimento ao longo de um determinado período, o que, em última análise, é a maneira como o pavimento serviu ao usuário durante um determinado período de tempo. Este conceito é demonstrado na figura 3.2, onde são apresentadas curvas de desempenho do pavimento para diversas tentativas de manutenção.

Curvas de Desempenho do Pavimento

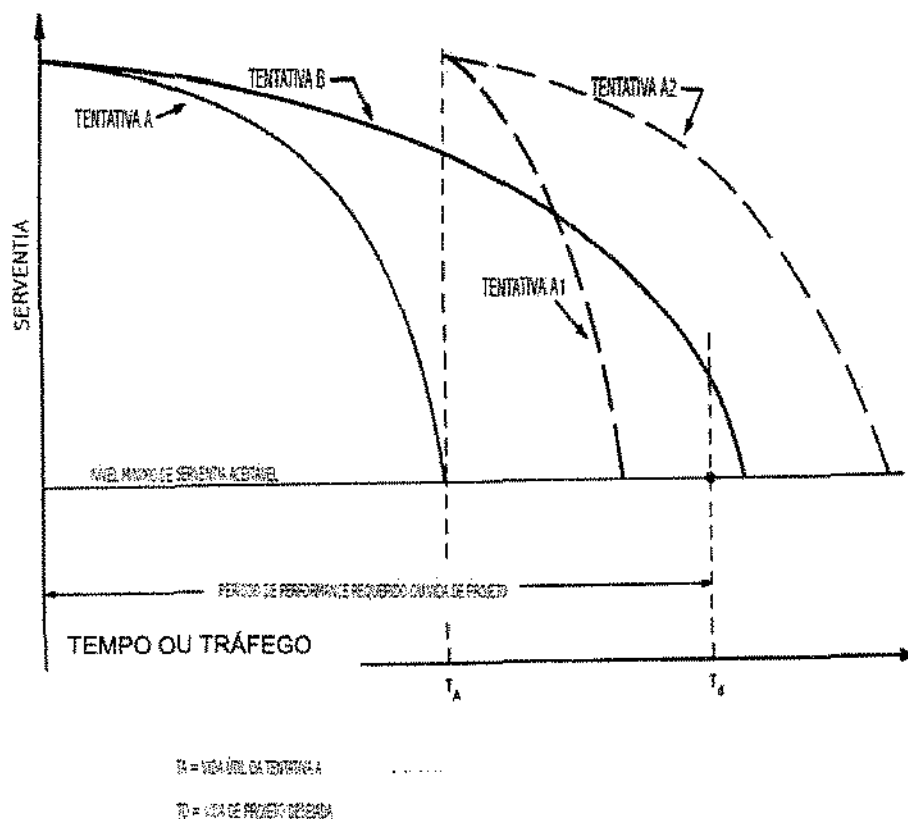


Figura 3.2: Curvas de Desempenho de diversas tentativas de Projetos.

Fonte: adaptado de AASHTO (01).

Em outras palavras, a curva de desempenho pode ser entendida como a representação gráfica da variação do nível de serventia de determinado pavimento ao longo do tempo.

A figura 3.3 apresenta os fatores que afetam a *performance* ou o desempenho, do pavimento do ponto de vista de HAAS (43).

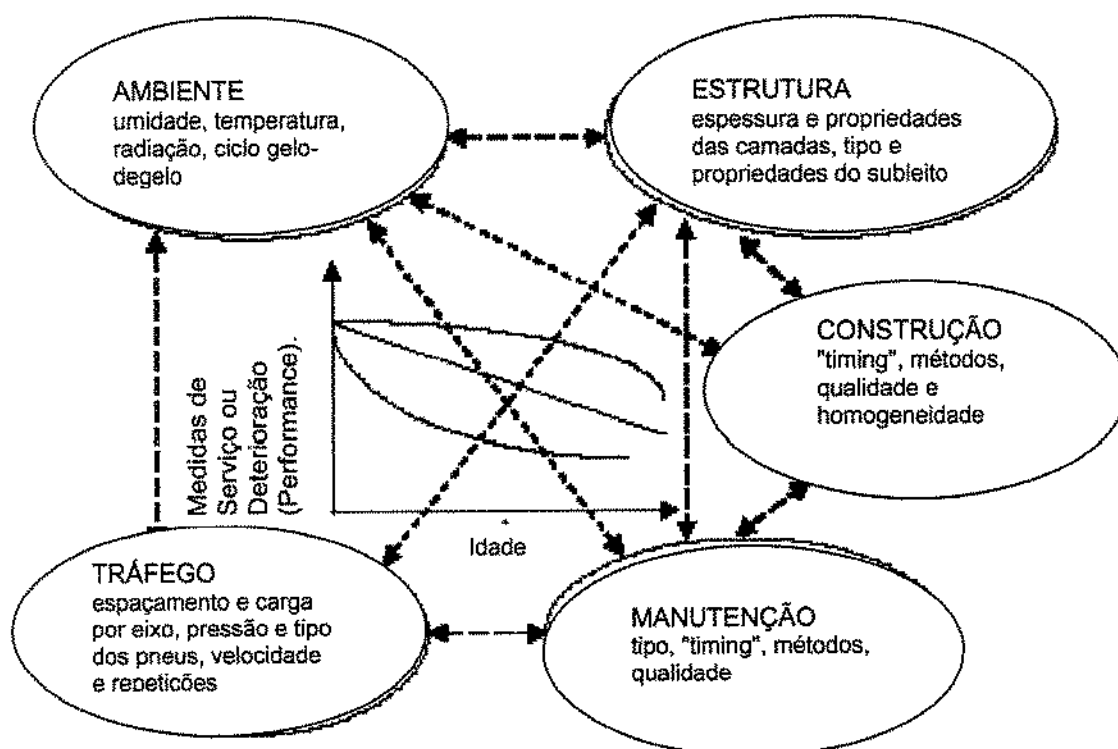


Figura 3.3: Fatores que afetam a *performance* do pavimento.

Fonte: adaptado de HAAS (43).

CAREY; IRICK (1960), *apud* DOMINGUES (27), baseados em ensaio da AASHO, estabeleceram conceitos de serventia e de desempenho dos pavimentos, no começo da década de 60, conforme listado a seguir:

- As rodovias são feitas para conforto e conveniência do público usuário, ou seja, uma boa rodovia é aquela que se apresenta segura e suave ao rolamento.
- Em geral a opinião dos usuários sobre o modo pelo qual estão sendo servidos pelas rodovias é subjetiva.

- Entretanto, existem características das rodovias que podem ser medidas obviamente e que, quando ponderadas e combinadas apropriadamente podem ser efetivamente relacionadas com as avaliações subjetivas dos usuários sobre as habilidades das rodovias de servi-los bem.
- A serventia de uma rodovia deve ser expressa pela avaliação média de todos os usuários.
- Admite-se que o desempenho é uma avaliação global da história da serventia de um pavimento. Desta maneira, se for possível observar a serventia de um pavimento desde a sua construção até a data da avaliação, pode-se descrever o desempenho desse pavimento.

Segundo o DNER, atual DNIT, em seu GUIA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (24), a serventia de um pavimento pode ser definida como o nível de serviço oferecido aos usuários, representando a medida do desempenho deste pavimento, referido a um determinado período da vida do pavimento. Isto é, a serventia é a capacidade do pavimento, ao longo do tempo, de atuar segundo os parâmetros mínimos de desempenho e sob as condições estabelecidas em projeto.

De acordo com a AASHTO - *AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS* (01), o Índice de Serventia Atual, que estabelece a medida de serventia em determinado período de tempo, é função da irregularidade longitudinal, do afundamento nas trilhas de roda e de defeitos superficiais tais como trincas, afundamentos e outros.

Segundo DOMINGUES (25), a serventia varia com o tempo, mais rapidamente ou mais lentamente, em função de fatores como o tráfego, a estrutura do pavimento, os defeitos superficiais, a qualidade da construção original, os fatores climáticos, e o tipo e grau de manutenção.

São listadas, a seguir, as principais razões para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho, apontadas pelo FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (35):

- Prever as condições futuras do pavimento para determinados segmentos rodoviários.

- Estimar qual o tipo de intervenção de manutenção e/ou reabilitação deve ser utilizado e quando esta intervenção deve ocorrer.
- Otimizar a condição dos pavimentos de toda a malha rodoviária.
- Utilizar as informações obtidas para retroalimentar os projetos de pavimento.
- Conduzir análises de custos *versus* vida útil dos pavimentos.

A figura 3.4 ilustra a importância da análise de desempenho dos pavimentos. Pode-se observar que o pavimento levou 75% de sua vida útil para que o Índice de Serventia tivesse uma queda de 40%, entretanto se neste ponto não forem executadas as atividades de manutenção requeridas, em apenas mais 17% de sua vida útil, o pavimento apresentará queda de mais 40% em seu Índice de Serventia, implicando em um aumento de 400% no custo das atividades de manutenção, se comparado com os custos das mesmas atividades caso fossem executadas no primeiro momento (após 75% da vida útil do pavimento).

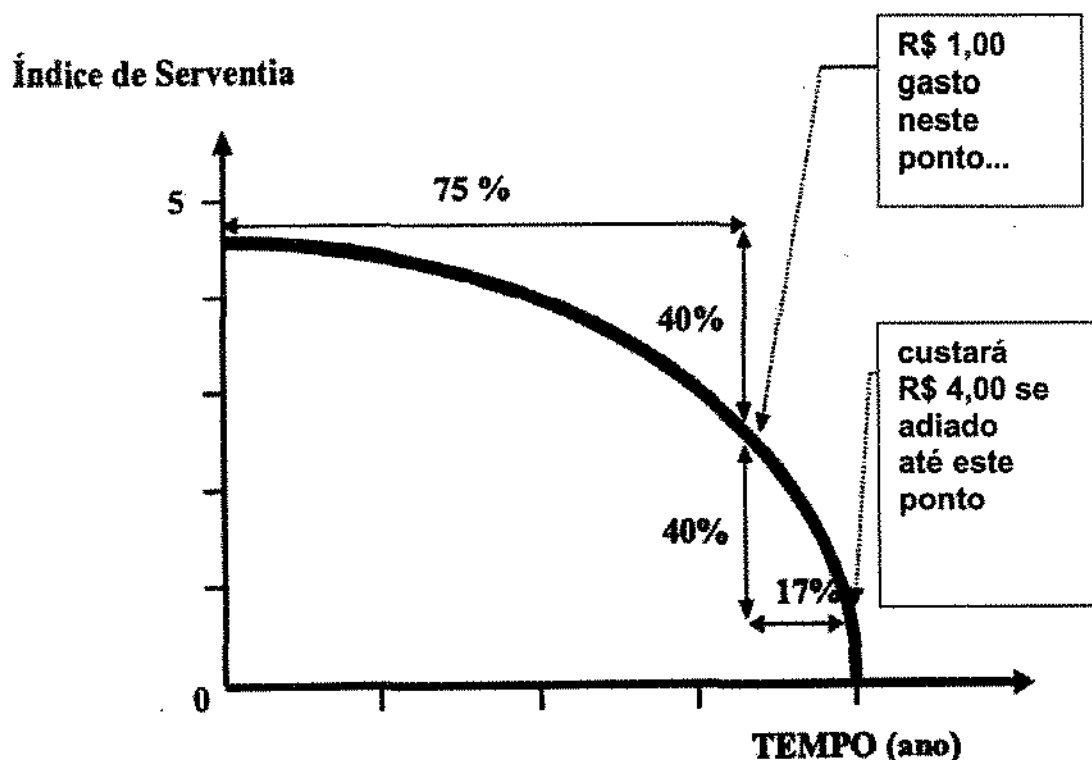


Figura 3.4: Exemplo de inter-relação entre desempenho dos pavimentos, estratégia de manutenção e reabilitação, data da intervenção e custos.

Fonte: adaptado de FHWA (1989), *apud* FERNANDES JÚNIOR, ODA e ZERBINI (37).

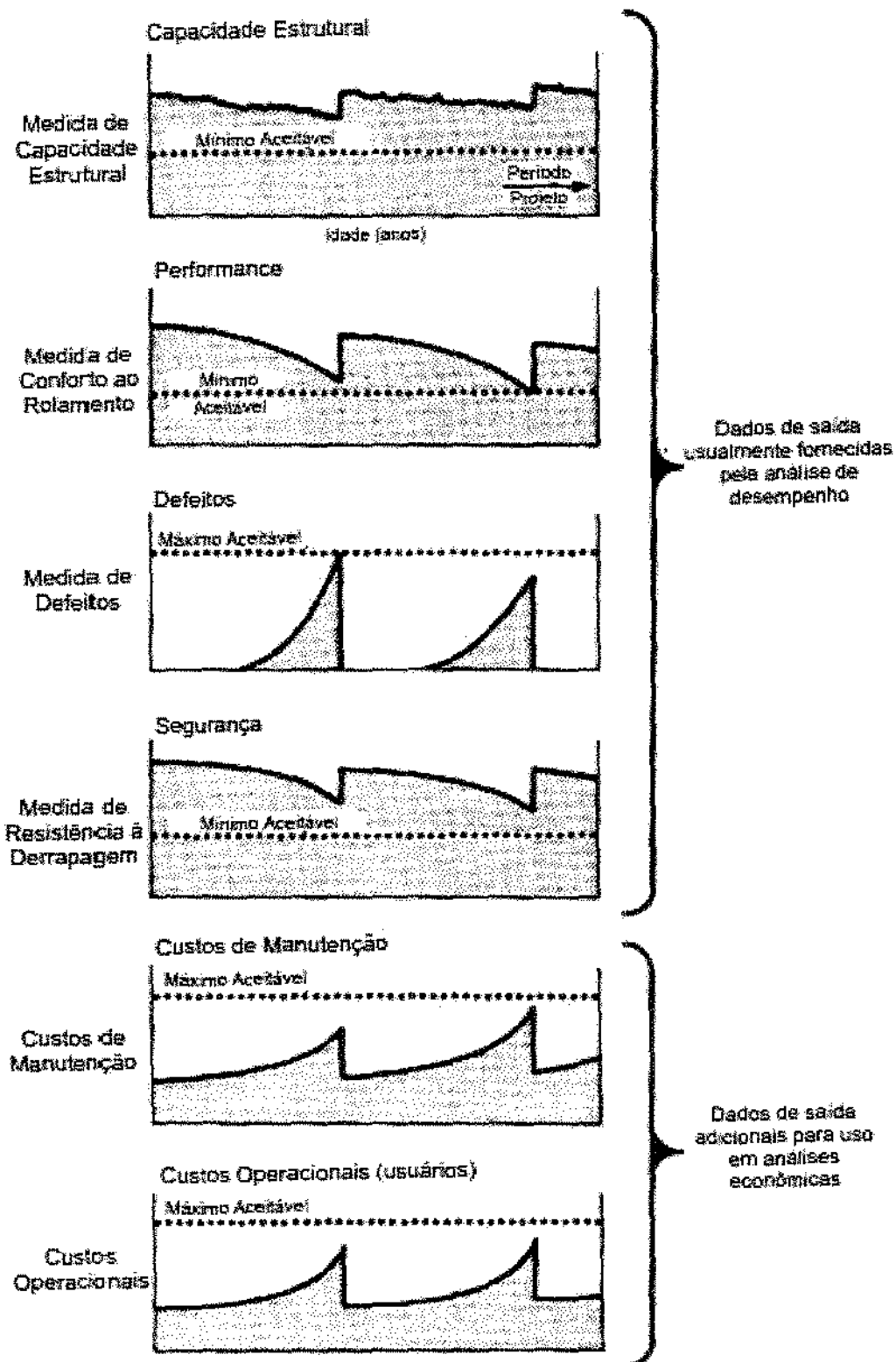


Figura 3.5: Avaliação de pavimentos: principais dados de saída.

Fonte: adaptado de HAAS; HUDSON (45).

A figura 3.5 apresenta, graficamente, as informações usualmente conseguidas através da análise de desempenho dos pavimentos, incluindo as informações necessárias às análises econômicas, objetivo dos sistemas de gerência dos pavimentos.

3.3. O SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

De modo a implementar os conceitos de gerência de pavimentos, foram desenvolvidos os sistemas de gerência de pavimentos. Estes consistem na estruturação de um grupo de atividades cíclicas envolvendo coleta, armazenagem e análise de dados relativos aos índices de pavimentos, com o objetivo de proporcionar a melhor estratégia de manutenção para os pavimentos analisados, através de identificação da alternativa ótima, permitindo a priorização de segmentos críticos e a otimização dos valores investidos.

Segundo o DNER, em seu GUIA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (24), a proposta básica de um sistema de gerência de pavimentos é a obtenção do melhor destino para o dinheiro público e o provimento de segurança, conforto, e economia nos transportes. Esta proposta foi complementada pela comparação entre as alternativas de investimentos, tanto em nível de rede quanto em nível de projeto, coordenando atividades de projeto, construção, manutenção, avaliação, ensino e pesquisa, promovendo o uso eficiente das práticas e conhecimentos existentes. Além disso, o sistema de gerência de pavimentos inclui ainda uma ampla gama de atividades que contemplam planejamento (ou programação de investimentos), projeto, construção, manutenção e periódica avaliação de performance. Ainda segundo o DNER, a função do sistema de gerência de pavimentos, em todos os níveis, envolve comparar alternativas, coordenar atividades, tomar decisões e observar se estas estão sendo executadas de maneira eficiente e econômica.

Pode-se afirmar que *“um Sistema de Gerência de Pavimentos é uma ferramenta que fornece, aos tomadores de decisão, estratégias ótimas, para que possam obter o melhor resultado possível a partir dos recursos de pavimentação disponíveis”* e que o mesmo *“é um conjunto de atividades coordenadas, que se destina a projetar, a construir, a manter, a avaliar e a conservar os*

pavimentos e, a priorizar os investimentos, de maneira que o público usuário possa ser servido por uma rodovia confortável, segura, eficiente e econômica.” DOMINGUES (28).

Entende-se, no entanto, que um sistema de gerência de pavimentos precisa ser complementado por um sistema de gerenciamento de recursos que, segundo RTA (1996), *apud* HAAS (43), pode ser definido como um abrangente e estruturado processo de planejamento de crescimento do capital através de programação e orçamento periódicos, com foco nos usuários e nos anseios da comunidade, provendo serviços com qualidade e assegurando que os recursos envolvidos resultem produtivos.

QUEIROZ (62) afirma que, tendo em conta as necessidades da malha viária, um sistema de gerência de pavimentos permite analisar diversos programas e consegue identificar o programa de intervenções que obterá os maiores benefícios no período de análise considerado.

Os sistemas de gerência de pavimento necessitam de contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento, de modo a acompanhar a evolução tecnológica. Esta evolução depende da identificação das áreas que necessitam ser incrementadas para melhor atender as necessidades atuais e futuras, de forma que seja possível promover um contínuo aperfeiçoamento do sistema através de sua retroalimentação com os resultados das análises dos dados utilizados pelo próprio sistema em ciclos anteriores, promovendo, por exemplo, o ajuste e a calibração de modelos de desempenho utilizados, a escolha de outros modelos, etc.

A partir da comparação de diversos sistemas de gerência de pavimentos, CAUSIN (11) analisa que o banco de dados é o enfoque central de todos eles e que *“as informações são coletadas durante todo o processo de implantação do sistema e a melhor alternativa só é tomada quando descartada [sic] todas as outras possibilidades.”* Além disso, o autor complementa que todos os sistemas permitem, mesmo nos casos em que nenhuma intervenção imediata é recomendada, estipular o prazo e o orçamento desta intervenção.

O diagrama da figura 3.6 apresenta os principais componentes da avaliação de pavimentos, segundo HAAS; HUDSON (45).

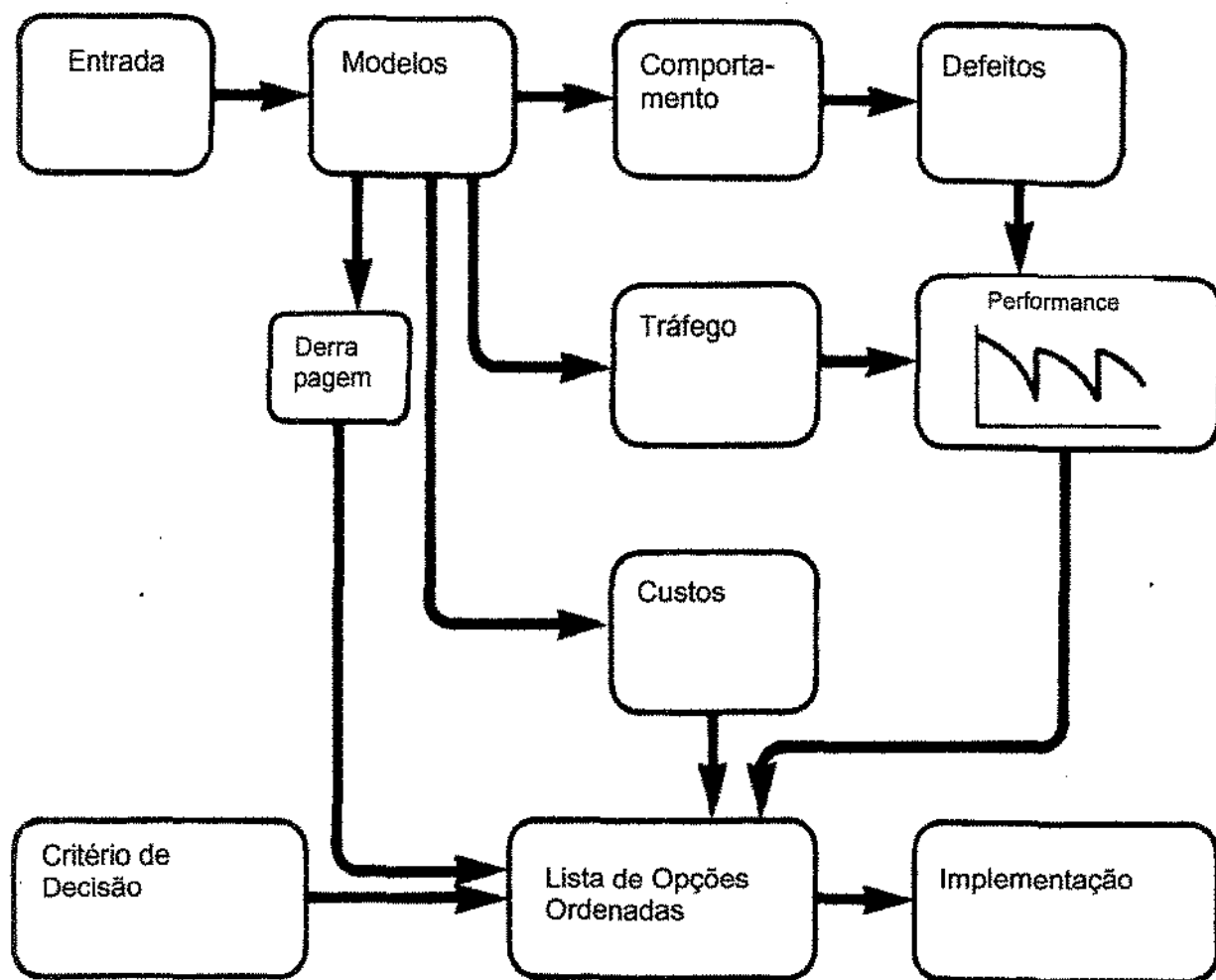


Figura 3.6: Diagrama de blocos dos principais componentes do projeto de pavimentos.

Fonte: adaptado de HAAS; HUDSON (45).

O *FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION* (36), através do *HPMS* (*Highway Performance Monitoring System* ou Sistema de Monitoramento de Performance Rodoviária), criado em 1978, obtém os indicadores estratégicos de performance, através dos quais são distribuídas as verbas de recuperação / manutenção para as diversas rodovias. A figura 3.7 apresenta a estrutura deste sistema de gerência de pavimentos.

Já a figura 3.8, ilustra exemplos de curvas típicas de previsão de diversos tipos de defeitos, usualmente obtidas através dos sistemas de gerência dos pavimentos.

O SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PERFORMANCE DE RODOVIAS

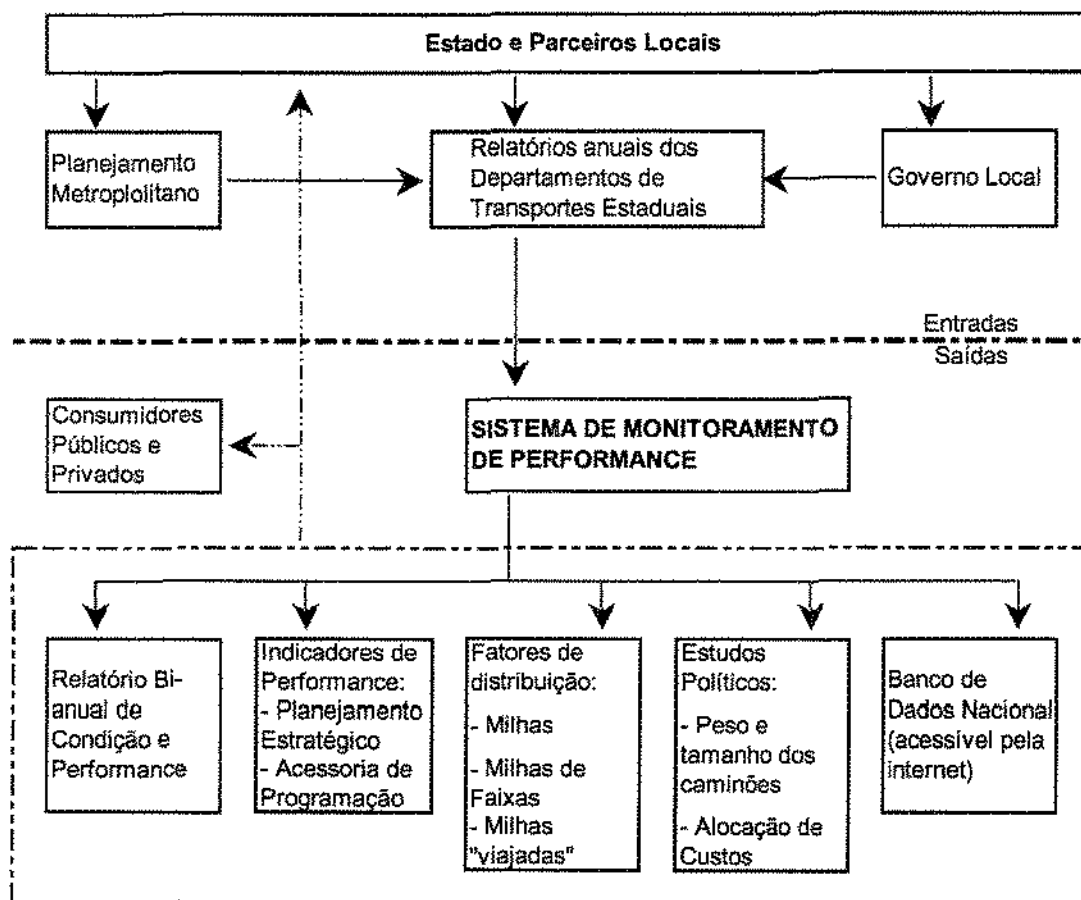


Figura 3.7: Estrutura do HPMS.

Fonte: adaptado de FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (36).

Um sistema de gerência de pavimentos é constituído de diversos módulos que visam captar as informações necessárias, guardá-las de maneira organizada, conduzir os cálculos de previsão de desempenho dos diversos índices relativos ao pavimento, e sugerir alternativas de manutenção a serem implementadas no período definido em função das análises financeiras que o sistema de gerência de pavimentos deve conduzir.

Cada sistema de gerência de pavimentos deve basear-se em um ou mais métodos de avaliação estrutural e de desempenho e, em função dos métodos escolhidos, orientar a coleta de dados, de forma que os dados necessários à utilização dos modelos de previsão sejam corretamente levantados, em qualidade e quantidade satisfatórias, e estejam disponíveis quando necessários.

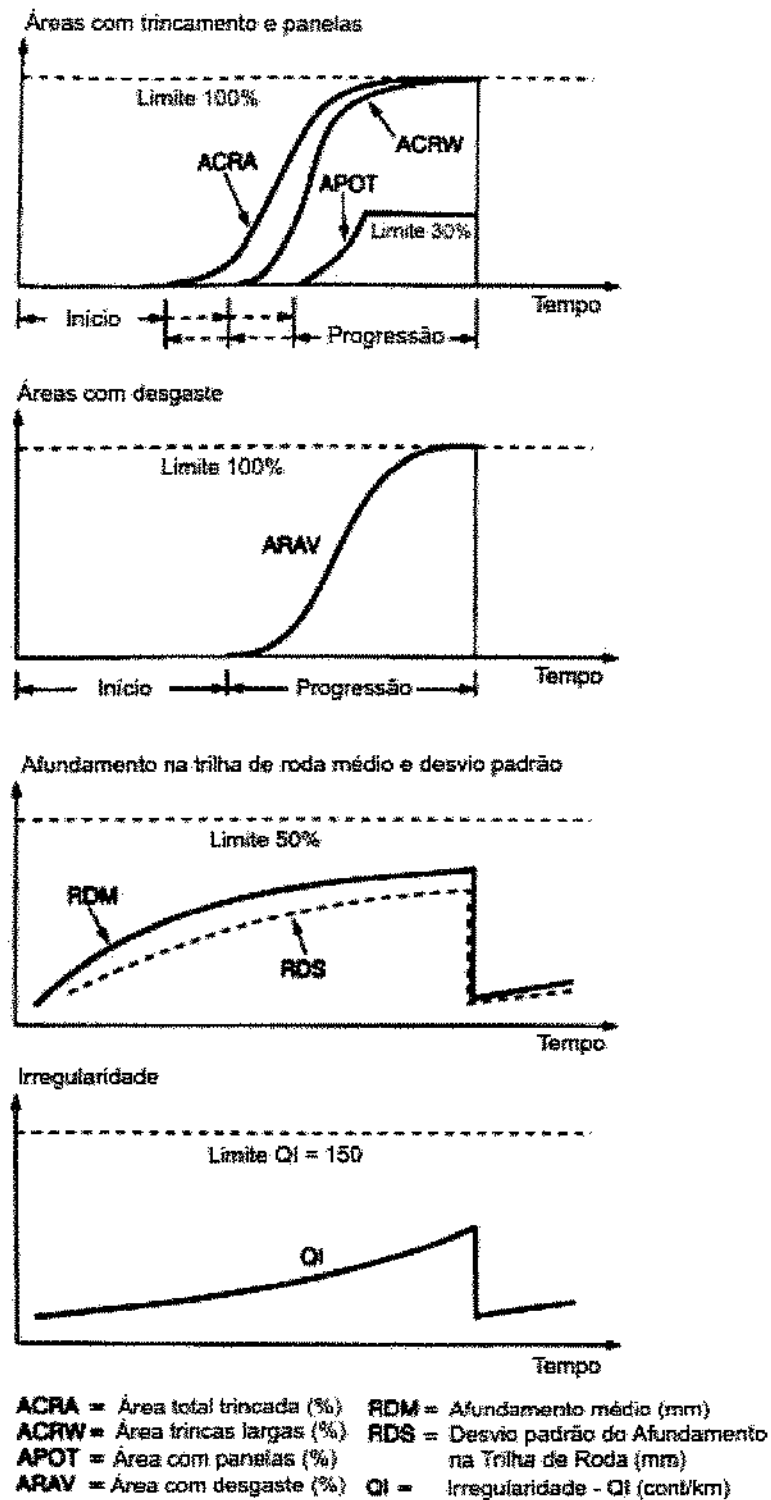


Figura 3.8: Previsão de defeitos em pavimentos.

Fonte: adaptado de THAGESSEN (69).

O módulo do sistema de gerência de pavimentos, responsável pelo armazenamento dos dados coletados de forma organizada para facilitar a sua utilização, é o banco de dados. O banco de dados estará sempre em expansão e deverá comportar, satisfatoriamente, os levantamentos de campo realizados periodicamente, de modo que, com o passar do tempo, existirá uma ampla gama de índices relativos ao desempenho funcional e estrutural dos pavimentos, que deverá ser estudada de forma a calibrar os modelos de desempenho em utilização pelo sistema.

O módulo de previsão de desempenho dos pavimentos irá utilizar os modelos escolhidos, ajustados para os pavimentos em análise, após os estudos de calibração, utilizando os dados armazenados no banco de dados, para estimar a condição atual e futura dos pavimentos. Este módulo deverá fornecer quais medidas de manutenção deverão ser executadas e em que época.

Em algumas situações, as alternativas ideais, do ponto de vista técnico, para a recuperação dos pavimentos não são compatíveis com a disponibilidade monetária, de equipamentos ou de pessoal do órgão gestor da rodovia, não sendo, portanto, a alternativa ideal a ser executada do ponto de vista econômico. Objetivando eliminar esta discrepância existente entre os ideais técnicos e a disponibilidade de recursos, o módulo de análises econômico-financeiras atua conduzindo simulações de várias alternativas diferentes, todas recomendáveis tecnicamente, de forma a encontrar através de análises financeiras, como, por exemplo, da taxa de retorno do investimento ou do valor presente líquido, a melhor alternativa de manutenção que atenda às restrições técnicas e econômicas do órgão gestor.

Como resultado final, o sistema de gerência de pavimentos deverá proporcionar o acompanhamento contínuo dos pavimentos, definindo quando as intervenções de manutenção deverão ser executadas, como as mesmas serão implementadas, o porquê de sua escolha e quanto irá custar ao órgão gestor.

Finalmente, o sistema de gerência de pavimentos deverá permitir e proporcionar o reestudo de seus modelos matemáticos em função dos resultados obtidos com as intervenções realizadas ao longo do tempo; ou seja, os erros e acertos cometidos devem ser utilizados para o

aperfeiçoamento do sistema, de forma que, quanto maior o número de dados conhecidos, melhores serão as previsões realizadas.

4. ÍNDICES DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS

4.1. INTRODUÇÃO

A análise de desempenho dos pavimentos, parte fundamental do sistema de gerência de pavimentos, deve ser executada com base em diversos parâmetros, conhecidos como Índices de Desempenho.

Em geral, estes índices de desempenho são medidos em campo e seus valores são projetados para os anos futuros através de equações de previsão de desempenho, de modo que possa ser determinado o período de tempo faltante para que determinado índice de desempenho atinja seu valor limite (máximo admissível estabelecido).

GREENWOOD (42) afirma que os métodos tradicionais de modelagem da condição do pavimento, envolvem três passos básicos:

- Dividir os recursos disponíveis (que, no caso, são as características de tráfego solicitante e de pavimento, incluindo os índices de desempenho) em segmentos homogêneos.
- Dividir, de maneira proporcional (médias dos valores absolutos), os dados entre os segmentos homogêneos determinados.
- Modelar o progresso destas condições médias ao longo do tempo.

Segundo o DNER, em seu GUIA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (24), “a medição das características do pavimento e a avaliação dos dados obtidos têm 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.”*

Ou seja, a acurácia na medição e o completo conhecimento dos índices de desempenho do pavimento, juntamente com a correta caracterização da estrutura do pavimento e do tráfego solicitante, são a base para todo o sistema de gerência dos pavimentos, e imprecisões na determinação destes itens irão ocasionar resultados irreais e, conseqüentemente, toda programação e planejamento das intervenções de manutenção e reabilitação estarão prejudicadas e, praticamente, sem valor.

O índice denominado irregularidade longitudinal dos pavimentos, relativo ao conforto e ao rolamento, cujo estudo das curvas de projeção deste parâmetro é o objeto deste trabalho, será discutido detalhadamente no capítulo 6, que define o que é a irregularidade longitudinal, qual a sua importância para os sistemas de gerência de pavimentos e quais os equipamentos utilizados em sua medição.

Entretanto, outros indicadores de desempenho influenciam na progressão da irregularidade longitudinal ao longo do tempo e, portanto, são utilizados como dados de entrada nos modelos de progressão de irregularidade. Além disso, os indicadores apresentados a seguir, são extremamente importantes para as avaliações estruturais do pavimento e para os estudos relativos à segurança do usuário. São eles:

- afundamento nas trilhas de roda;
- condições de aderência;
- trincamento;
- deflexão elástica ou recuperável;
- estado de superfície.

A seguir serão apresentadas as principais características dos índices de desempenho dos pavimentos asfálticos.

4.2. AFUNDAMENTO NA TRILHA DE RODA

Segundo a DNER PRO 008/94 (18), o afundamento (ou flecha) na trilha de roda pode ser definido como a *“medida, em milímetros, da deformação permanente no sulco formado nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), correspondente ao ponto de máxima depressão, medido sob o centro de uma régua de 1,20 m.”*

HAAS; HUDSON (45) apontam que os principais efeitos prejudiciais ao trânsito de veículos, proporcionados pelo afundamento nas trilhas de roda, são:

- Aquaplanagem.
- Congelamento de água.
- Perda de controle do veículo.

O afundamento dos pavimentos, ao longo das trilhas de roda, ocorre em função do carregamento solicitante imposto pelo tráfego de veículos pesados, ou devido ao adensamento diferencial das diversas camadas do pavimento e/ou de seu subleito, que podem ser decorrentes, inclusive, de problemas de compactação e consistem na deformação permanente de uma ou mais camadas do pavimento.

Segundo MEDINA (57), obteve-se a contribuição de cada camada do pavimento quanto ao afundamento ao longo das trilhas de roda, na pista experimental da AASHO, conforme exemplificado abaixo, para um pavimento flexível de base granular:

- revestimento de concreto asfáltico contribui em 32%;
- base de brita em 4%;
- sub-base em 45%;
- subleito em 9%.

Segundo a DNER PRO 008/94 (18), a aparelhagem para a medição do afundamento na trilha de roda consiste de *“treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20 m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permita a medida, em milímetro, das flechas da trilha de roda.”* (Ver figura 5.2.1).

Segundo a DNER PRO 008/94 (18), “as flechas devem ser medidas em milímetros em cada estação demarcada”, a cada 20 metros alternados em caso de pista simples ou a cada 20 metros por sentido no caso de pista dupla, utilizando-se a treliça descrita anteriormente. As medidas devem ser executadas em ambas as trilhas de roda.

Além do afundamento na trilha de roda representar por si só um importante parâmetro de condição do pavimento, posto que permite determinar se o pavimento encontra-se em fase de ruptura, o mesmo também faz parte da avaliação do estado da superfície do pavimento, quando a mesma é conduzida através do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme explicitado na seção 4.6.

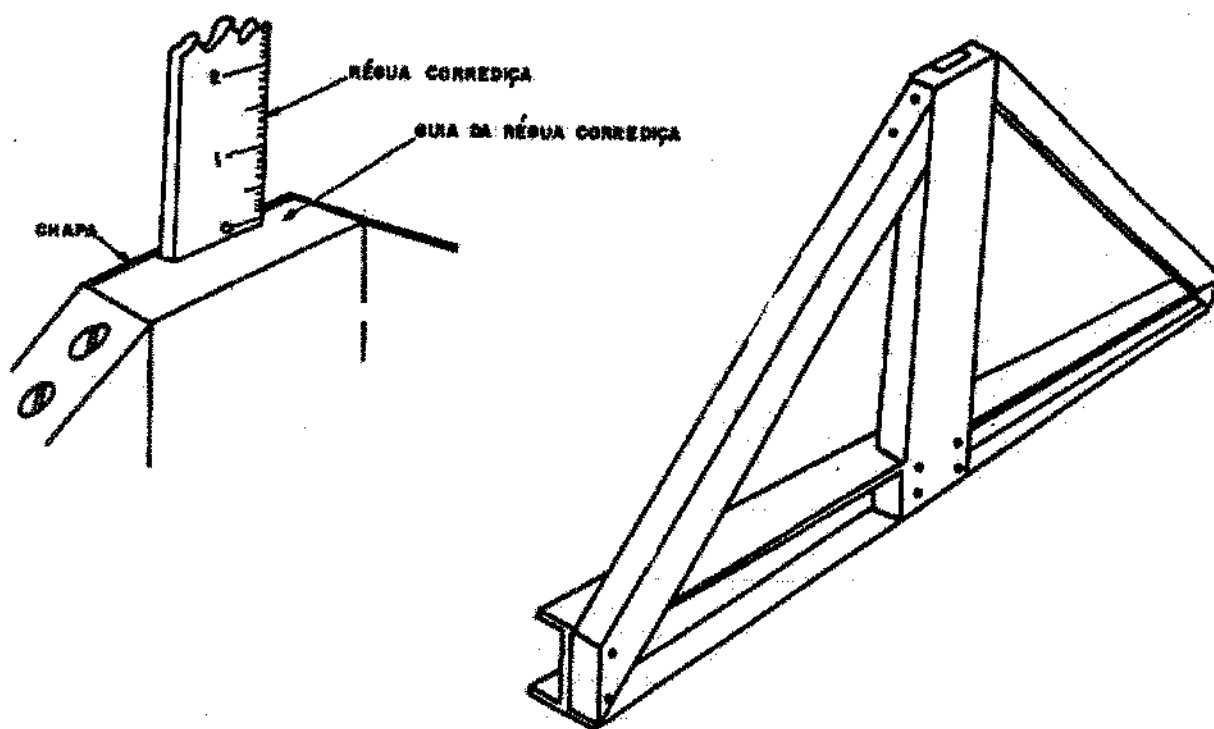


Figura 4.1: Treliça com régua para a determinação do afundamento na trilha de roda.

Fonte: DNER ME 008/94 (18).

4.3. CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA

Um dos mais importantes parâmetros de desempenho dos pavimentos é o que diz respeito à segurança dos usuários. A segurança da via vem sendo cada vez mais valorizada, tornando-se parte imprescindível dos sistemas de gerência de pavimentos.

As condições de segurança viárias são função do traçado da rodovia (projeto geométrico), da sinalização horizontal e, principalmente, das condições de aderência pneu/pavimento, influenciadas pela presença ou não de água e substâncias poluentes, pela presença ou não de trilhas de roda acentuadas e pela resistência à derrapagem (função de diversos fatores; entre eles, a macro e micro textura dos revestimentos).

Desta forma, os índices de desempenho relativos à condição de segurança dos pavimentos, que serão abordados neste capítulo, são os que traduzem o grau de resistência à derrapagem, ou seja, os que medem a macrotextura dos pavimentos (ensaio da mancha de areia) e os fatores relativos ao atrito pneu-pavimento (como, por exemplo, o VRD - valor de resistência à derrapagem - determinado através do Pêndulo Britânico).

De acordo com HAAS; HUDSON (45), as condições de derrapagem alteram-se ao longo tempo, devido ao tráfego e ao clima. Os principais contribuintes para estas alterações são os seguintes:

- Porosidade.
- Desgaste.
- Superfície do pavimento com agregado polido.
- Afundamentos (devido à compactação, às distorções laterais ou ao desgaste provocado por pneus utilizando correntes).
- Exsudação.
- Contaminação (borracha, óleos, água, etc.).

Um dos ensaios utilizados para a determinação da macrotextura dos pavimentos (parâmetro que tem uma relação com a distância de frenagem dos veículos, ou seja, quanto mais rugoso o

pavimento, menor será a distância de frenagem dos veículos), devido a seu custo e tempo de realização reduzidos, é o ensaio de mancha de areia, que é regulamentado pela *American Society for Testing and Materials* – ASTM, através da E 965-87 (*Reapproved 95*), ainda que seja questionável a relação direta entre a altura de areia obtida pelo ensaio e a rugosidade do pavimento, não implicando necessariamente em relação direta com a distância de frenagem em função dos materiais componentes da camada de rolamento, e que o ensaio tenha alguns problemas de repetibilidade dos resultados, posto que a influência do operador no resultado final é muito grande.

O ensaio de mancha de areia culmina na determinação do índice conhecido como altura de areia, que é uma medida de quão rugoso está o pavimento. Este índice está relacionado com a macrotextura do pavimento e é função do traço da massa que compõe a camada de rolamento e do tipo de agregado, sendo variável com o tempo em função do desgaste dos agregados graúdos devido ao tráfego solicitante.

O ensaio consiste na estimativa da altura de areia através da determinação do raio da mancha de areia, aproximadamente circular, obtida com o espalhamento de uma quantidade pré-determinada de areia de faixa granulométrica específica, ou de micro esferas de vidro, em uma porção do pavimento, com equipamento espalhador normatizado.

A altura de mancha de areia obtida é comparada com uma tabela de referência e, então, o pavimento poderá ser enquadrado em liso, medianamente rugoso, rugoso ou muito rugoso.

Já o ensaio de resistência à derrapagem conduzido através do Pêndulo Britânico, sem normatização no Brasil, consiste em um ensaio pontual de simulação da frenagem de um veículo em condições de pista molhada, obtendo-se o VRD (valor de resistência à derrapagem), cujo valor indicará, através da comparação com tabelas de referência, se o pavimento encontra-se dentro dos limites aceitáveis de segurança quanto à distância segura de frenagem em condições críticas (pista molhada).

A figura 4.2 apresenta fotografia do Pêndulo Britânico.

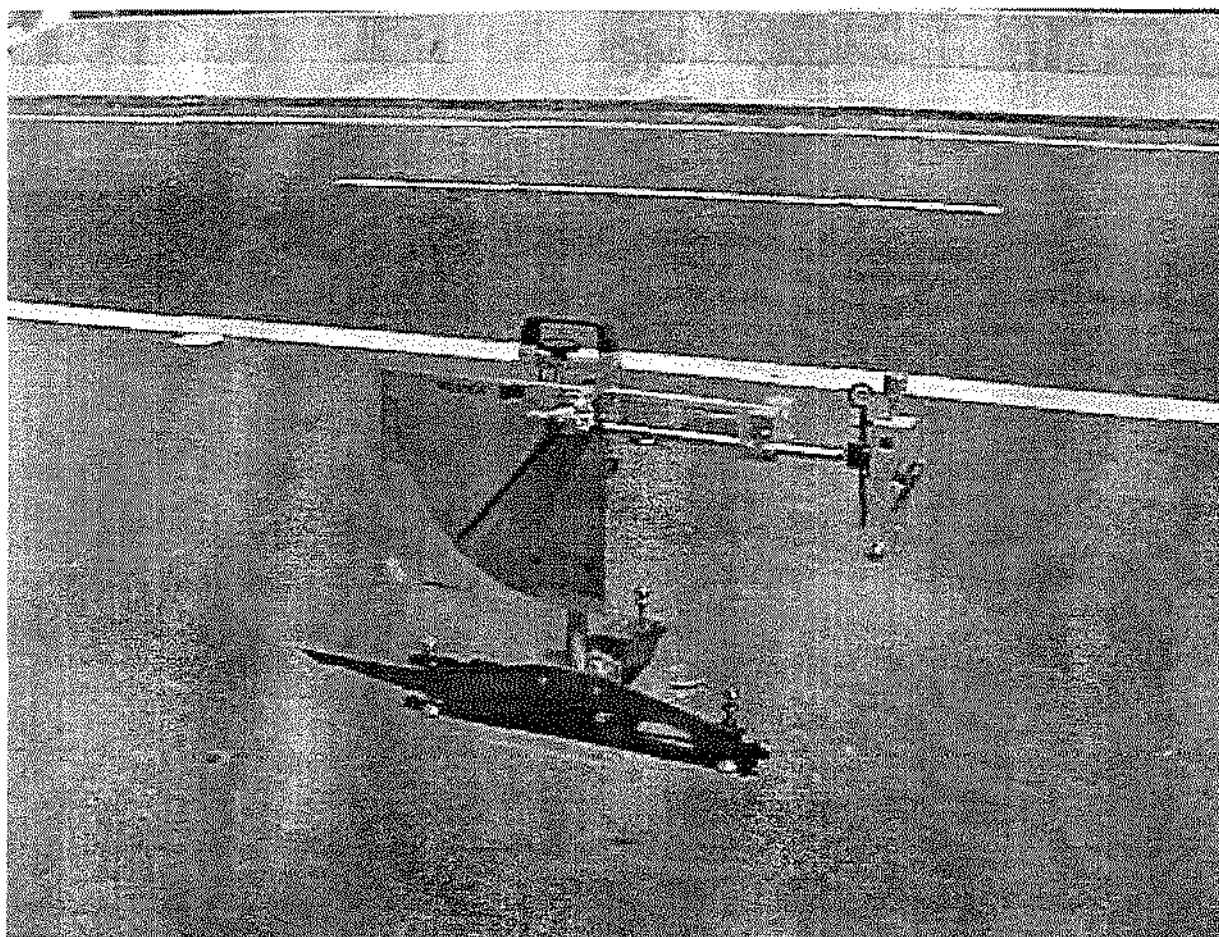


Figura 4.2: Pêndulo Britânico.

Além dos ensaios pontuais para a determinação das condições de aderência do revestimento, como os ensaios de mancha de areia e do pêndulo britânico, existem aparelhos medidores das condições de atrito, que são deslocados ao longo do pavimento, simulando condições de derrapagem.

Conforme exposto no relatório técnico de USP-EPUSP-PTR-LD TT / DERSA (70), a medida de aderência entre o pneu e o pavimento pode ser obtida pelo Coeficiente de Atrito Transversal (CAT) ou pelo Coeficiente de Atrito Longitudinal (CAL). O CAT *“é obtido medindo-se o esforço transversal ao qual é submetida uma roda que gira livremente, quando a direção de seu eixo de rotação não é perpendicular à direção de seu deslocamento.”* E o CAL é obtido *“medindo-se o*

esforço longitudinal ao qual é submetida a roda bloqueada, quando ela é arrastada por um veículo-trator que se desloca perpendicularmente ao eixo de rotação dessa roda.”

Para a execução dos ensaios dinâmicos de condições de segurança, podem ser utilizados equipamentos de roda travada (ou bloqueada), tais como o LCPC ou o KJ LAW SKID TESTER, para a obtenção do CAL, e equipamentos com roda oblíqua, tais como o Mu-Meter ou o SCRIM, para a obtenção do CAT.

4.4. ÁREA TRINCADA

Um dos principais sintomas da fadiga dos pavimentos asfálticos é o trincamento de sua superfície, que ocorre sob diversas formas e em intensidades variáveis. Isto posto, a previsão da evolução da área com trincas interligadas, ao longo do tempo, é um dos principais parâmetros dos sistemas de gerência de pavimentos, sendo utilizada, inclusive, nas equações de previsão de desempenho de outros índices, tais como a irregularidade longitudinal, como parâmetro de entrada.

Segundo o DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (14), a trinca é definida como “*qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, consistindo em aberturas de maior ou menor porte, apresentando-se sob diversas formas*” e a definição da classe da trinca é feita de acordo com a abertura que a mesma apresenta:

- Trincas Classe 1: trincas capilares isoladas, com abertura de até 1 mm.
- Trincas Classe 2: trincas interligadas, com abertura superior a 1mm, sem desintegração ou erosão nas bordas.
- Trincas Classe 3: trincas interligadas, com abertura superior a 1mm, com desintegração ou erosão nas bordas.

A definição dos tipos de trincas normatizados no Brasil pode ser encontrada no Procedimento 008/94 - *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos* (18), e na Especificação de Serviço 128/83 – *Levantamento de condição de superfície de segmentos*

testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede (17), ambas do DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.

4.5. DEFLEXÃO ELÁSTICA OU RECUPERÁVEL

O parâmetro de deformação recuperável, ou deflexão dos pavimentos, é de extrema importância, não só como dado de entrada para a previsão da evolução de outros índices de desempenho, mas também como parâmetro fundamental utilizado em diversos métodos de projeto de reforço (recapeamento) de pavimentos asfálticos.

As deflexões ou deformações recuperáveis, ocorrem nos pavimentos rodoviários flexíveis devido às características elásticas (ou viscoelásticas) dos mesmos e consistem no arqueamento das camadas do pavimento devido à solicitação imposta pela roda do veículo que transita sobre a superfície do mesmo na seção em análise, cessando no momento em que a roda se desloca para outra seção do pavimento e re-iniciando quando houver nova solicitação do tráfego, sendo sua repetição responsável pelo fenômeno de fadiga do pavimento.

A DNER ME 024/94 (16) normatiza a aparelhagem para a determinação de deflexão, denominada viga Benkelman, que de acordo com a DNER PRO 175/94 (21), recebe este nome porque o equipamento foi idealizado pela equipe do Engº A. C. Benkelman, sendo posteriormente modificado. A figura 4.3 apresenta esquematicamente a Viga Benkelman.

Segundo a DNER ME 024/94 (16), o ensaio para a determinação da deformação recuperável, através de Viga Benkelman, tem início com a localização dos pontos de medida, que devem ser locados a uma distância prefixada do bordo do revestimento, variável conforme a largura da faixa de tráfego. O caminhão deve posicionar-se centrando um dos conjuntos de rodas duplas traseiras sobre o ponto a ser ensaiado. A ponta da viga Benkelman deve posicionar-se sobre o ponto a ser ensaiado, entre os pneus da roda dupla. Libera-se a trava da viga, liga-se o vibrador e faz-se a leitura inicial. Desloca-se então o caminhão, no mínimo 10 metros para frente, e faz-se a leitura final. Com o objetivo de determinar o raio de curvatura da bacia de deformação, faz-se uma medida deslocando o caminhão 25 cm do ponto em estudo, fazendo-se nova leitura.

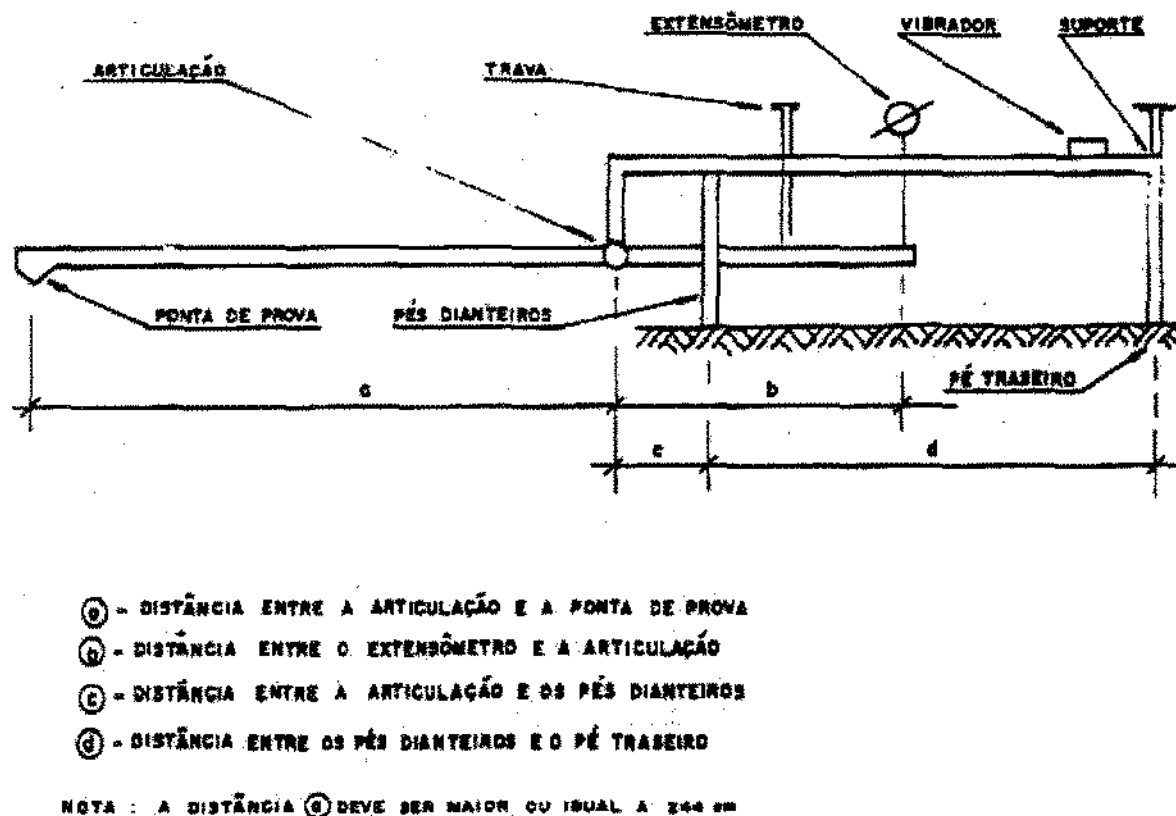


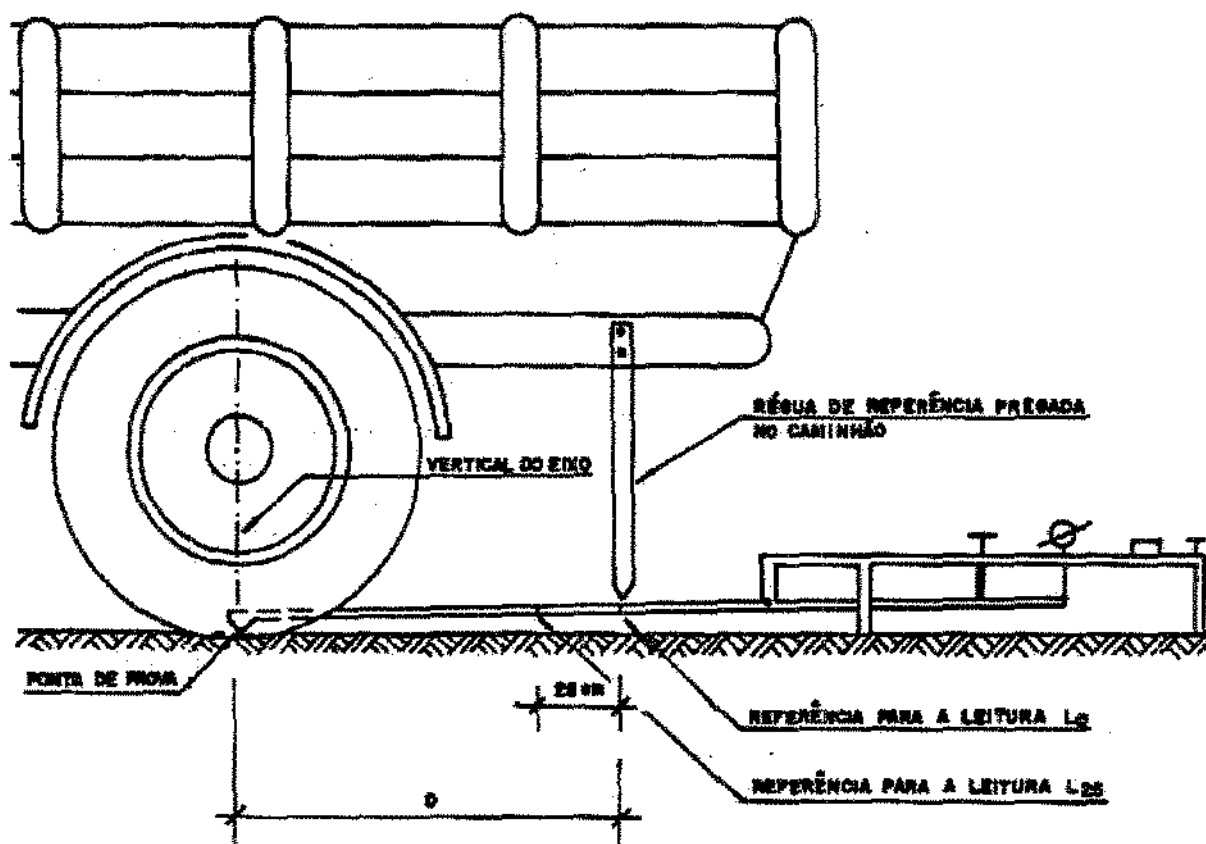
Figura 4.3: Viga Benkelman.

Fonte: DNER PRO 175/94 (21).

Ainda de acordo com a DNER ME 024/94 (16), a diferença entre as leituras final e inicial, multiplicada pela relação entre as dimensões da viga ("a" e "b"), corresponde à deflexão real ou verdadeira. Através de uma dedução matemática, determina-se o raio de curvatura da bacia de deflexões.

A figura 4.4 ilustra o posicionamento da viga Benkelman em relação ao caminhão, durante as medições deflectométricas.

A Viga Benkelman deve ser aferida segundo as condições descritas na DNER PRO 175/94 (21), de forma a "verificar se a mesma está em condições de ser utilizada e para definir o valor da constante a ser usada para o cálculo das deflexões."



- ⑤ - DISTÂNCIA MARCADA SOBRE O BRAÇO MAIOR DA VIGA BENKELMAN DE FORMA QUE, AO SE FAZER COINCIDIR A REFERÊNCIA PARA A LEITURA L_0 COM A PONTA DA RÉGUA DE REFERÊNCIA, A PONTA DE PROVA ESTARÁ COLOCADA NA VERTICAL DO EIXO DO CAMINHÃO

Figura 4.4: Posicionamento da viga Benkelman para determinação de deflexões.

Fonte: DNER ME 024/94 (16).

A utilização da Viga Benkelman, como equipamento de medição de deflexões, apresenta alguns inconvenientes quanto à baixa produtividade dos levantamentos que, conseqüentemente, obrigam o fechamento das faixas de tráfego que estão sendo medidas por elevado período de tempo, aumentando os riscos de acidente no local. Além disso, o levantamento deflectométrico de malhas extensas através da Viga Benkelman, torna-se muito demorado, obrigando-se a

mobilização de uma equipe, com o respectivo caminhão calibrado utilizado nas medições, e a própria viga, de maneira permanente, ao longo de todo o ano.

Objetivando solucionar os inconvenientes listados acima, foram desenvolvidos os deflectômetros de impacto para a medição das deflexões, que atuam de maneira dinâmica, simulando a ação de um eixo de caminhão na superfície do pavimento, denominados FWD - *Falling Weight Deflectometer* ou deflectômetros de impacto, e utilizam um peso que é elevado até uma altura pré-estabelecida e solto em queda livre para atingir uma placa apoiada sobre a superfície do pavimento, que transmite uma força de impulso à estrutura, simulando o efeito da passagem dos veículos. O equipamento registra a resposta do pavimento ao impacto através de um conjunto de sensores posicionados longitudinalmente, a partir do centro da placa.

O FWD e o HWD, apresentados na figura 4.5, são deflectômetros de impacto, que têm como principais vantagens a grande produtividade na medição das deflexões e a possibilidade de execução de retro-análise das camadas de pavimento através dos dados fornecidos pelo equipamento. Como principais desvantagens deste equipamento, podem ser apontados os problemas encontrados para a sua calibração, o efeito da estrutura do pavimento e a imprecisão das leituras quando da presença de lençol freático.

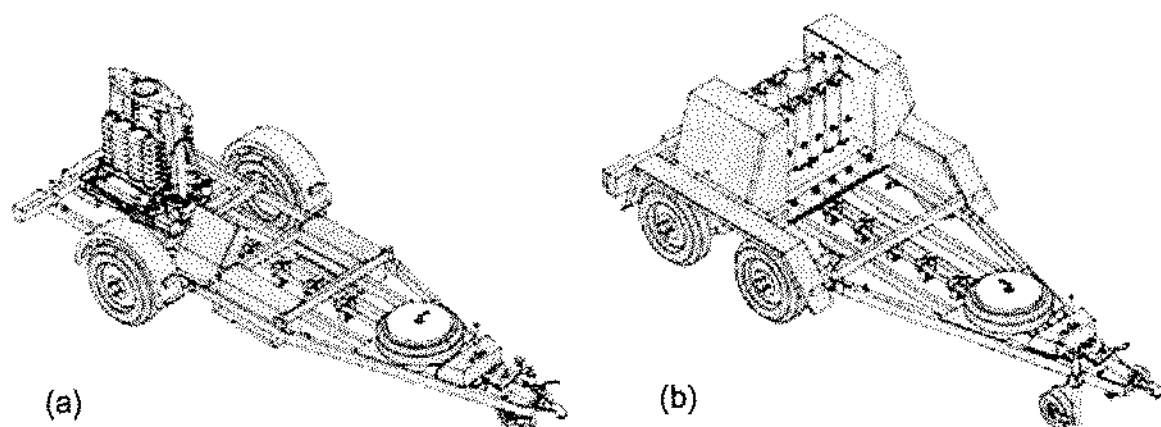


Figura 4.5: Deflectômetros de impacto, (a) FWD e (b) HWD.

Fonte: DYNATEST INTERNATIONAL (31).

4.6. ESTADO DE SUPERFÍCIE

A identificação e o levantamento dos defeitos de revestimento dos pavimentos são atividades importantes para um sistema de gerência de pavimentos, fornecendo as informações necessárias à alimentação dos modelos de desempenho funcional, permitindo a determinação da vida útil do pavimento e a escolha da alternativa de intervenção mais apropriada.

Além disso, alguns projetos de dimensionamento de reforço de pavimentos asfálticos, preconizados pelo DNER, se utilizam da medição do estado de superfície (através do IGG - Índice de Gravidade Global) para determinar a escolha do método de cálculo a ser utilizado no dimensionamento do reforço.

Na obra, intitulada *Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos*, DOMINGUES (26) apresenta os principais defeitos dos revestimentos asfálticos através de sua identificação, suas possíveis causas, sua descrição, seu mecanismo de ocorrência, suas localizações, seu nível de severidade, sua classe e o método para sua medição.

Segundo a obra acima, os defeitos dos revestimentos dos pavimentos podem ser classificados como:

- “Classe Estrutural, quando o defeito é associado à habilidade que o pavimento tem de transportar a carga de projeto. Por exemplo, o trincamento por fadiga, de alto nível de severidade.”
- “Classe Funcional, quando o defeito é associado às qualidades do rolamento e da segurança do pavimento. Por exemplo, o rolamento suave e confortável ou, a condição de resistência à derrapagem.”

O método objetivo mais difundido nacionalmente para a avaliação do estado de superfície, é o preconizado pelo DNER em sua PRO 008/94 (18), denominado Índice de Gravidade Global (IGG).

Segundo a DNER PRO 008/94 (18), a avaliação da superfície dos pavimentos, através do IGG, deve ser utilizada *“quando se desejar, além de um parâmetro definidor das condições de superfície do pavimento, um inventário de ocorrências e suas prováveis causas, possibilitando obter uma avaliação mais rica em pormenores.”*

A DNER PRO 008/94 (18) fixa superfícies de avaliação com largura igual a da faixa de rolamento e comprimento de 3 metros, que devem ser demarcadas de 20 em 20 metros, alternadamente no caso de pista simples, e a cada 20 metros na faixa de tráfego mais solicitada das pistas duplas. Cada área demarcada será avaliada e deverá ser anotada a presença de qualquer ocorrência no pavimento (trincamento de classe 1, 2 ou 3, afundamentos plásticos, ondulações transversais, escorregamentos, exsudação do ligante, desgaste acentuado, *panelas* e remendos), além do tipo de seção de terraplanagem.

Após a anotação dos defeitos acima descritos, em planilha apropriada, calcula-se, para cada subtrecho homogêneo, a frequência relativa de cada defeito. Multiplica-se, então, a frequência relativa pelo fator de ponderação de cada defeito, resultando no Índice de Gravidade Individual (IGI).

Além da avaliação dos defeitos, deve ser medido o afundamento na trilha de roda em cada estação demarcada e, através da média e da variância destas medidas, será determinado o IGI referente as flechas. Determina-se, então, o IGG do subtrecho homogêneo, através da somatória dos IGIs de cada defeito.

Através do IGG, o subtrecho homogêneo pode ser avaliado quanto ao grau de deterioração do pavimento, através da seguinte correlação constante da DNER PRO 008/94 (18):

Conceito Bom – IGG entre 0 e 20.

Conceito Regular – IGG entre 20 e 80.

Conceito Mau – IGG entre 80 e 150.

Conceito Péssimo – IGG entre 150 e 500.

Urge observar que a DNER PRO 008/94 (18) estabelece peso para cada tipo de defeito, sem que sua severidade seja levada em conta. Ou seja, uma superfície extremamente trincada com trincas interligadas (FC 2) e uma superfície com uma pequena área de trincamento de mesma magnitude, para este método de avaliação, têm o mesmo “peso”, isto é, apresentam a mesma avaliação, mesmo que nitidamente uma superfície esteja mais degradada do que a outra.

O *Pavement Condition Index* (Índice de Condição dos Pavimentos) ou PCI, apresentado por SHAHIN (66) e que consiste de um índice numérico, que varia de zero - para pavimentos em estágio de ruína - a 100 - para pavimentos em perfeitas condições – e foi desenvolvido com o objetivo de reproduzir a condição estrutural e a condição de superfície do pavimento de rodovias. Seu cálculo baseia-se no levantamento visual de superfície, que além de levantar os tipos de defeitos e sua severidade (ou magnitude), prevê também um “peso” para os diversos tipos de defeito, em função da quantidade em que se apresentam em determinada superfície de avaliação. Desta forma, superfícies que apresentam trincamento de mesma magnitude mas em áreas de tamanhos diferentes, terão um mesmo IGG contudo um PCI diferente, de forma que o pavimento que apresenta maior área de defeito seja caracterizado como em pior estado que o outro.

Como afirma SHAHIN (66), conforme o PCI, o grau de deterioração do pavimento é função do tipo de defeito, de sua severidade e da quantidade ou densidade de ocorrência. O levantamento é feito em unidades amostrais definidas segundo o tipo de via a ser levantada. Para rodovias, o número de unidades amostrais deve cobrir entre 10% e 25% da área total a ser avaliada, quando a avaliação estiver sendo conduzida a nível de rede. A unidade amostral é inspecionada através da medição do tipo e da severidade do defeito, de acordo com o manual de defeitos do PCI.

Ainda segundo SHAHIN (66), o cálculo do PCI baseia-se em fatores de dedução que indicam, através de pesos pré-estabelecidos, o impacto de cada defeito na condição de superfície do pavimento. Um valor dedutível igual a zero, indica a ausência de defeitos na superfície analisada, enquanto um valor dedutível igual a 100, indica que o pavimento encontra-se seriamente prejudicado, isto é, no pior estado possível.

5. IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS

5.1. DEFINIÇÕES

Por se tratar de um índice de desempenho que traduz tanto as condições de conforto ao rolamento quanto as condições de segurança ao usuário, a irregularidade longitudinal dos pavimentos vem ocupando papel de destaque entre os demais parâmetros relacionados ao pavimento. Isso porque, principalmente após o advento das concessões rodoviárias, cujo modelo baseia-se no fato do usuário pagar pela utilização da rodovia, tornando-se um *consumidor* dos serviços oferecidos pelas concessionárias, mais do que pavimentos com ausência de buracos, os usuários anseiam por pavimentos confortáveis, que diminuam os gastos de manutenção dos veículos e tornem a viagem mais agradável, mais rápida e mais segura.

Neste sentido, cresce sobremaneira a importância da irregularidade longitudinal, posto que sua medida busca traduzir exatamente as características dos pavimentos expostas no parágrafo anterior. Além disso, o processo de levantamento da irregularidade conta com equipamentos que o fazem de maneira confiável, em um curto período de tempo, e com custos reduzidos, principalmente se comparado com o levantamento de outros índices de desempenho, tais como a deflexão recuperável, o inventário de superfície, o levantamento da área trincada e do afundamento nas trilhas de roda.

Segundo HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44), estudos da *AASHO Road Test* indicam que cerca de 95% da informação necessária à avaliação de serventia de um pavimento são contribuições da irregularidade do perfil longitudinal da superfície do pavimento.

De acordo com HVEEM (1960), *apud* SOUZA; FARIS; SHIMOISHI (67), os primeiros estudos sobre irregularidade longitudinal dos pavimentos datam de antes de 1900, quando Thomas Aitken mencionou, em seu livro, um aparelho denominado *Viagraph*. Este equipamento, inventado por um engenheiro irlandês, era formado por uma viga horizontal de 365 cm de comprimento e 22,9 cm de largura. O equipamento era puxado continuamente sobre a superfície da rodovia, registrando o perfil da mesma, e a soma das irregularidades era indicada por um índice numérico. Desde então, é crescente a preocupação com a irregularidade longitudinal dos pavimentos, em virtude do aumento progressivo das velocidades que podem ser desenvolvidas pelos automóveis.

A irregularidade longitudinal dos pavimentos relaciona-se intimamente com a grandeza denominada serventia que, segundo a DNER PRO 007/94 (17), pode ser definida como *"a capacidade de um trecho específico de pavimento proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego."*

Enquanto a serventia é definida por JANOFF *et al.* (1985), *apud* BOTTURA (06), como *"a capacidade que um pavimento tem de oferecer um rolamento suave, confortável e econômico, num dado momento"*, a irregularidade é definida pela DNER ES 173/86 (15) como *"desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via."* A escala padrão de irregularidade adotada no Brasil é o quociente de irregularidade (QI), que é expresso em contagens/km.

No Brasil, Armando Martins Pereira introduziu os conceitos da AASHO a respeito de serventia, através do método de avaliação de pavimentos flexíveis e compostos por ele apresentado, em 1972, na reunião do *International Road Federation*, realizada em Brasília.

Posteriormente, segundo PINTO; PREUSSLER (61), o DNER estabeleceu, a partir dos estudos da AASHTO, um procedimento subjetivo através da Norma PRO-07/78.

QUEIROZ (63) afirma que *"é pertinente observar que a equação obtida na pista experimental da AASHO poderia ser mais útil para aplicação geral se, em vez de serventia, fosse expressa em termos de alguma medida de irregularidade de repetibilidade mais acurada."* Ainda que o autor

reconheça que “a tentativa para definir serventia foi extremamente útil, por dar compreensão às avaliações relacionadas ao usuário e por estabelecer a importância da irregularidade do pavimento, bem como as técnicas para medida de irregularidade.”

Segundo HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44), o objetivo primário do uso das medidas de irregularidade foi a de estimar a serventia do pavimento - que é uma medida subjetiva o mesmo - quanto a qualidade ao rolamento.

O primeiro, e mais difundido, método com este objetivo é o do *Present Serviceability Index* (PSI ou Índice de Serventia Atual – ISA), em cuja finalidade é função da irregularidade longitudinal, do tipo de pavimento (rígido ou flexível), da medida de afundamento nas trilhas de roda e da área trincada.

Mas, segundo HUANG (46), devido a relativa pequena contribuição dos defeitos físicos para o PSI e da dificuldade de obtenção de dados relativos a estes defeitos, diversas agências utilizam apenas a irregularidade longitudinal para estimar o PSI.

Conforme exposto por OLIVEIRA (60), “a finalidade principal das medições de irregularidade da superfície de um pavimento é estimar-se a maneira como este pavimento está servindo ao usuário em dado momento, ou seja, por intermédio de medições objetivas tenta-se chegar-se [sic] a uma estimativa da serventia, que é subjetiva.”

De acordo com o DNER PRO 164/94 (20), a irregularidade dos pavimentos é o “desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via. A escala padrão de irregularidade adotada no Brasil é o ‘Quociente de Irregularidade’ (QI) expresso em contagens/km, calculado a partir do nivelamento topográfico de um trecho, obtendo-se cotas com espaçamento de 0,5 m de cada trilha de roda.”

Ressalta-se que, entre os principais parâmetros influentes na quantificação estatística da irregularidade longitudinal, estão a amplitude de onda e a aceleração vertical média quadrática.

Para QUEIROZ (1984), *apud* MARTINS; FELEX (55), um usuário que trafega por determinado trecho de uma via, submete-se a uma média de acelerações verticais. A aceleração vertical média quadrática é “uma variável definida sobre as cotas de superfície de pavimento para sintetizar ações da irregularidade medidas através de medidor de irregularidade.”

A irregularidade longitudinal dos pavimentos é função, tanto das condições construtivas da via (qualidade da obra) quanto da contínua solicitação imposta pelo tráfego ao pavimento, que através de deformações permanentes, localizadas ou não, altera as condições de sua superfície com o passar dos anos, sendo função da solicitação estática, da velocidade do veículo, e de parâmetros relativos a sua suspensão.

Há ainda a contribuição dos fatores ambientais para o aparecimento e aumento da irregularidade longitudinal ao longo do tempo, posto que, segundo YSHIBA (76), a combinação da água das chuvas com as solicitações impostas pelo tráfego enfraquece a ligação entre o ligante betuminoso e o agregado, desagregando o revestimento asfáltico. Além disso, as elevadas temperaturas, às quais o revestimento asfáltico é submetido, reduzem a viscosidade do ligante provocando deformações plásticas no revestimento, e as baixas temperaturas, com elevados gradientes térmicos, podem provocar trincas térmicas, que irão facilitar a penetração da água das chuvas e, conseqüentemente, provocar a redução da capacidade de suporte do pavimento.

OLIVEIRA (60) explica que a irregularidade pode ser dividida em categorias, de acordo com a amplitude (A_1) e o comprimento de onda (λ):

- Ondas curtas, possuem $0,50 \text{ m} \leq \lambda \leq 5 \text{ m}$ e $1 \text{ mm} \leq A_1 \leq 20 \text{ mm}$
- Ondas médias, possuem $5 \text{ m} \leq \lambda \leq 15 \text{ m}$ e $5 \text{ mm} \leq A_1 \leq 50 \text{ mm}$
- Ondas longas, possuem $15 \text{ m} \leq \lambda \leq 50 \text{ m}$ e $10 \text{ mm} \leq A_1 \leq 200 \text{ mm}$

As ondas com dimensões superiores aos intervalos anteriormente descritos não são consideradas como irregularidade longitudinal, e as ondas com dimensões inferiores são consideradas somente na avaliação de microtextura, macrotextura e megatextura.

A figura 5.1 caracteriza as ondulações transversais e longitudinais.

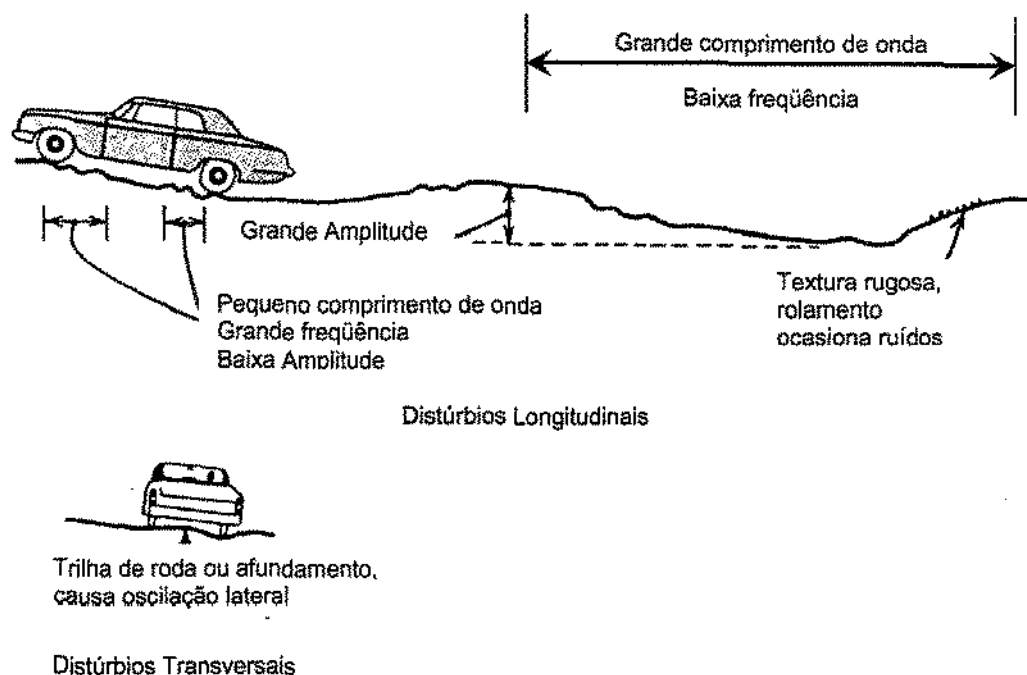


Figura 5.1: Ondulação longitudinal e transversal.

Fonte: adaptado de YODER; WITCZAK (77).

Segundo SAYERS; GILLESPIE; PATERSON, *apud* OLIVEIRA (60), “a origem do IRI se deu através do IRRE – International Road Roughness Experiment (Experimento Internacional sobre Irregularidade de Pavimentos), que teve a participação de cinco países: Brasil, França, Inglaterra, Estados Unidos e Bélgica, tendo como objetivo comum, identificar um índice com estas características.”

Conforme descrito anteriormente, a escala mais utilizada no Brasil para medir a irregularidade longitudinal dos pavimentos é o QI - *Quarter Car Index* (ou Índice de Quarto de Carro) e SAYERS, GILLESPIE E PATERSON (1986), *apud* DOMINGUES; BOTTURA (29), estabelecem a relação: $IRI = QI / 13$, para IRI em m/km e QI em cont/km, que prevalece até os dias de hoje.

De acordo com ARCHONDO-CALLAO (03), a escala de irregularidade longitudinal de pavimentos considera o IRI igual a zero para uma superfície perfeitamente plana, IRI igual a 2 para rodovias pavimentadas em boas condições, IRI igual a 6 para rodovias pavimentadas com razoável irregularidade, IRI igual a 12 para rodovias pavimentadas extremamente irregulares e IRI em torno de 20 para vias não pavimentadas extremamente irregulares.

Na tabela 5.1 são apresentadas as faixas de classificação dos pavimentos quanto a irregularidade longitudinal, em IRI, em função da qualidade do rolamento proporcionado por estas vias, para diversos países.

EUA		BRASIL		ESPANHA		CHILE		URUGUAI		HONDURAS	
Muito Bom	0-0,95	Excelente	1,0-1,9	Excelente	0-1,5			Muito Bom	0-3,2		
Bom	0,95-1,5	Bom	1,9-2,7	Aceitável	1,5-2,5	Bom	0-3,0	Bom	3,2-3,9	Bom	0-3,0
Regular	1,5-2,7	Regular	2,7-3,5	Regular	2,5-4,0	Regular	3,0-4,0	Regular	4,0-4,6	Regular	3,5-6,0
Ruim	> 2,7	Ruim	3,5-4,6	Não desejável	> 4,0	Ruim	> 4,0	Ruim	> 4,6	Ruim	> 6,0
		Péssimo	> 4,6								
Fonte: AASHTO (1999)		Fonte: Pinto & Preussler (2001)		Fonte: Rio (1977)		Fonte: Patifio & Anguas (1998)					

Tabela 5.1: Faixas de classificação de irregularidade longitudinal, com base no IRI.

Fonte: adaptado de FARIAS; SOUZA *apud* OLIVEIRA (60).

DOMINGUES (27) discorre a respeito das medidas de irregularidade, destacando que as mesmas têm suas principais aplicações nos seguintes campos:

- controle de qualidade da construção;
- estabelecimento de base sistemática para alocação de recursos para manutenção dos pavimentos;
- programas de conservação de pavimento;
- modelos de previsão de desempenho;
- cadastro e programação da rede viária;
- projetos de restauração de pavimentos;
- pesquisa;
- avaliação do custo operacional dos veículos;

- previsão da deterioração dos pavimentos;
- previsão da velocidade dos veículos rodoviários;
- caracterização de uma determinada rede de rodovias ou aeroportos.

Isso posto, observa-se que o estudo da irregularidade dos pavimentos, que vem sendo realizado desde o início do século XX e está intimamente ligado com a grandeza denominada serventia, que surgiu na década de 60 com a AASHO, é de grande importância para as diversas finalidades apontadas no parágrafo anterior, traduzindo as condições de conforto ao rolamento das vias.

5.2. IMPORTÂNCIA DA IRREGULARIDADE DOS PAVIMENTOS

A irregularidade longitudinal dos pavimentos é fundamental para a avaliação de seu desempenho funcional. Ou seja, é a grandeza medida, de forma objetiva, no pavimento que apresenta a melhor relação com o conforto ao rolamento e com o custo operacional dos veículos, dois dos principais propósitos da construção e manutenção de vias pavimentadas.

A norma ASTM E1777-96(R02) (05) aponta a irregularidade longitudinal como o índice de maior prioridade entre os que se relacionam com a medição de performance para gerência de pavimentos, tanto a nível de rede quanto a nível de projeto, independentemente da intensidade de tráfego a que a seção é submetida.

Destacando a importância da irregularidade longitudinal dos pavimentos, BOTTURA (07) comenta que *“condução, estabilidade, controle direcional, frenagem e resistência à derrapagem são fatores de segurança das rodovias influenciados pela irregularidade do pavimento”* e que *“as forças de atrito laterais de um pneu, necessárias ao controle de um veículo, são função, dentre outros fatores, da carga normal transmitida pelo pneu ao pavimento.”* Ainda, segundo o mesmo autor, um nível elevado de irregularidade do pavimento pode reduzir sensivelmente o desenvolvimento destas forças, podendo ocasionar a perda do controle do veículo; de maneira semelhante, a irregularidade pode impedir o satisfatório desenvolvimento da aderência, resultando em dificuldades de frenagem do veículo.

Corroborando o exposto anteriormente, ARCHONDO-CALLAO (03) explica que a irregularidade longitudinal dos pavimentos afeta a dinâmica do movimento dos veículos, desgasta os componentes do veículo e interfere nas condições de segurança e conforto a que o veículo está submetido e a velocidade da viagem. Por isso, as agências rodoviárias e demais órgãos gestores necessitam das medições de irregularidade longitudinal como dados de entrada para os sistemas de gerência de pavimentos.

Conforme atestam LERCH (52) e KARAN; HAAS; KHER (50), os custos para os usuários das rodovias variam significativamente com a performance do pavimento. Esta variação é função da irregularidade, a qual afeta a velocidade dos veículos e os custos operacionais.

A deterioração progressiva dos pavimentos resulta na diminuição da velocidade dos veículos, o que, fatalmente, resulta em maiores custos de manutenção dos veículos, maior tempo de percurso, e, conseqüentemente, maior consumo de combustível e maiores danos ambientais. Ou seja, a velocidade e o custo operacional dos veículos é significativamente afetada pela condição funcional do pavimento.

Segundo L-P TARDIF (53), há tempos sabe-se que o consumo de combustível cresce com o aumento da irregularidade dos pavimentos, posto que a irregularidade amplia a resistência ao rolamento devido às perdas de energia na suspensão e às perdas devido ao impacto do pneu com a superfície irregular da via.

De acordo com os diversos estudos realizados entre 1982 e 1990 e citados em L-P TARDIF (53) nota-se que, com a diminuição de cada unidade do IRI, os caminhões apresentam uma redução de cerca de 4% no consumo de combustível, enquanto que os automóveis apresentam uma redução variável entre 0,4% e 3,6%, cuja média situa-se em torno de 1,5%, quando consideradas rodovias com diversos níveis de irregularidade. Segundo os estudos, para rodovias com IRI menor ou igual a 4,0, a irregularidade longitudinal dos pavimentos pode afetar a economia de combustível em até 6% para carros e em até 16% para caminhões. Isso se dá porque o aumento da irregularidade provoca a diminuição do conforto ao rolamento, se mantida a mesma velocidade; deste modo,

pesquisas recentes demonstram que os motoristas, para manter o nível de conforto ao rolamento, diminuem a velocidade.

Conforme pode ser observado na figura 5.2, a irregularidade longitudinal retrata o somatório de todos os demais defeitos encontrados no pavimento. Ou seja, desde o aparecimento e a evolução do trincamento superficial, incluindo o aparecimento de panelas, trilhas de roda e considerando a deformação recuperável e o efeito das intempéries, todos estes defeitos resultam em alterações na irregularidade longitudinal dos pavimentos.

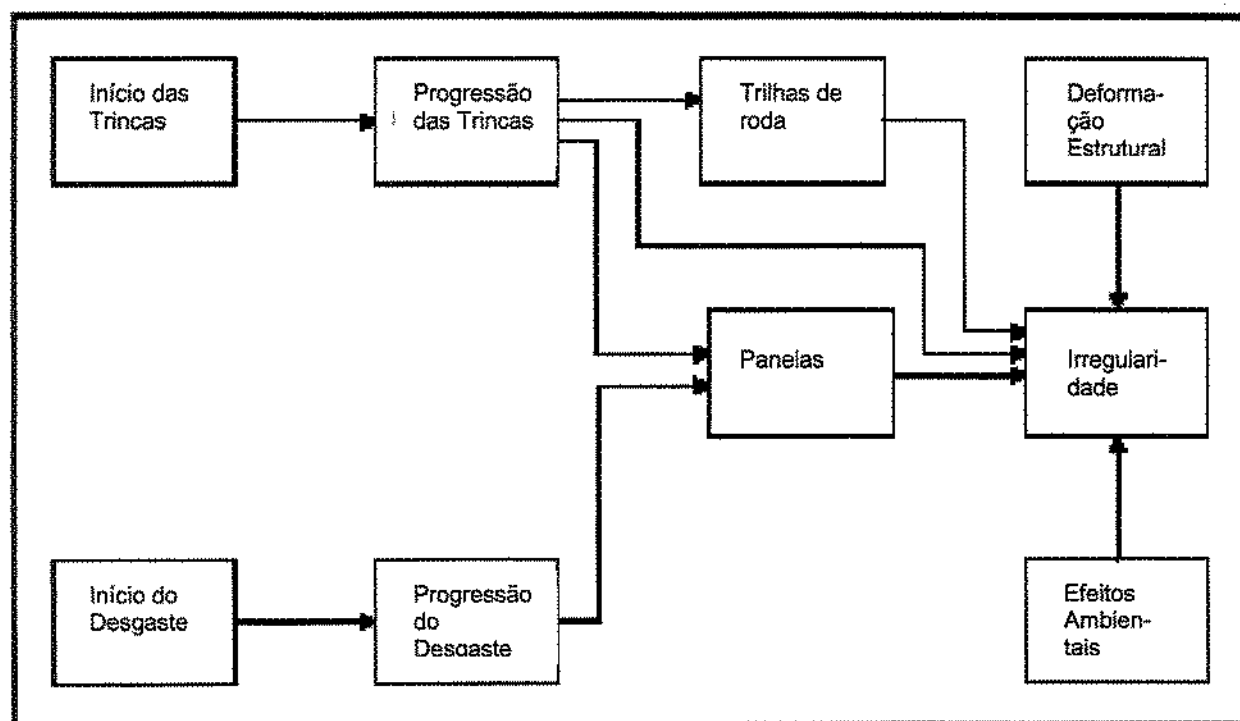


Figura 5.2: Interação entre os defeitos na deterioração dos pavimentos.

Fonte: adaptado de BENNETT; PATERSON (06).

Quanto à evolução da irregularidade dos pavimentos, o C-SHRP; University of Waterloo (09) aponta que, de acordo com um estudo realizado pela NAPA – *National Asphalt Pavement Association*, que examinou a relação entre a irregularidade inicial dos pavimentos com a irregularidade após 8 a 10 anos de serviço, os pavimentos construídos com menor irregularidade inicial apresentarão menor irregularidade ao longo do tempo, menores níveis de trincamento e irão requerer menores custos com manutenção. Este estudo baseou-se em medidas de

irregularidade realizadas no Arizona e na Pensilvânia, e demonstrou que, após 8 a 10 anos de serviço, as diferenças encontradas entre as irregularidades aumentaram, resultando em 110% daquelas medidas iniciais realizadas após a construção do pavimento.

O estudo destaca ainda que o modelo HDM III estima que as diferenças entre as irregularidades iniciais serão cerca de 113% deste valor após 8 anos de serviço do pavimento, e que programas como o *The Canadian Long Term Pavement Performance*, administrado pelo C-SHRP e o *Long Term Pavement Performance*, administrado pelo *Federal Highway Administration*, conduziram investigações para determinar o efeito da irregularidade inicial em previsões de longo tempo de irregularidade longitudinal, em pavimentos que foram recapeados sobre camadas asfálticas existentes. Para os 53 trechos estudados, que tiveram sua irregularidade longitudinal medida logo após o recapeamento e comparada com a medida realizada após 8 anos de serviço, obteve-se o seguinte resultado: a regressão linear conduzida sobre a relação entre a irregularidade inicial e a irregularidade após 8 anos, resultou em uma inclinação de 98%, o que significa que, em média, as diferenças entre as irregularidades iniciais mantiveram-se ao longo destes 8 anos.

Conclui-se, portanto, que a progressão da irregularidade longitudinal será tanto menor quanto menor for a irregularidade imediatamente após a construção ou recapeamento do pavimento, e que a relação obtida entre diversos segmentos logo após a execução da capa asfáltica deverá manter-se praticamente constante ao longo da vida útil dos pavimentos, caso os mesmos sejam submetidos às mesmas solicitações ambientais e de tráfego.

A obtenção de irregularidades longitudinais iniciais baixas pode ser incentivada através da estipulação de bônus sobre o valor do contrato, quando o novo pavimento, ou o pavimento recapeado, resultar em irregularidades inferiores à mínima estipulada em contrato. Também devem ser estipuladas multas no caso da irregularidade obtida superar os valores máximos previstos.

Segundo PREUSSLER (1998), *apud* CAUSIN (11), se forem considerados os critérios internacionais estabelecidos em função da evolução funcional, verifica-se que, quando o estado do pavimento passa do conceito BOM para o MAU, o consumo de combustível aumenta em até

58%, o custo de operação dos veículos aumenta em até 38%, o tempo de percurso aumenta em até 100% e o índice de acidentes aumenta em até 50%.

De modo a ilustrar a influência da irregularidade longitudinal no conforto ao rolamento e no custo operacional dos veículos comerciais, as figuras 5.3 e 5.4, a seguir, apresentam a variação da velocidade desejável de percurso e do desgaste de pneus para caminhões pesados, parcialmente carregados, em função da variação da irregularidade longitudinal dos pavimentos.

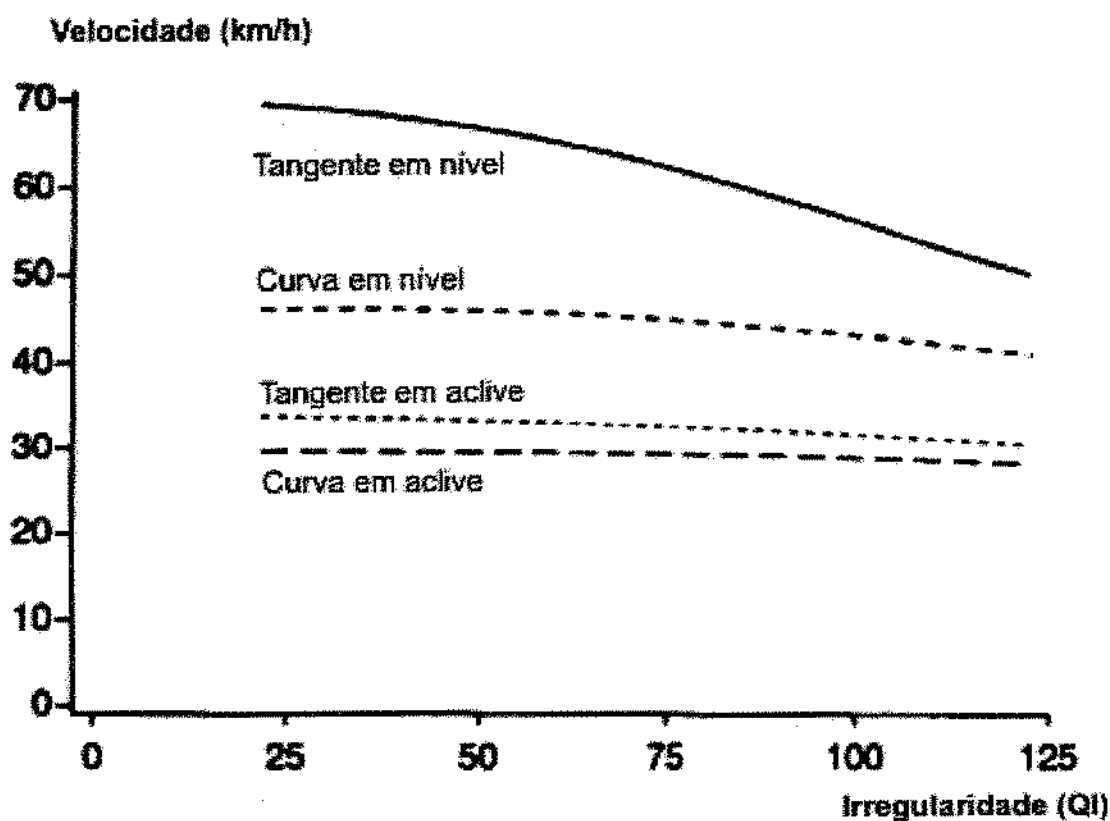


Figura 5.3: Velocidade desejável em função da irregularidade longitudinal e do perfil dos pavimentos para caminhões pesados, parcialmente carregados.

Fonte: adaptado de WATANATADA (1987), *apud* THAGESSEN (69).

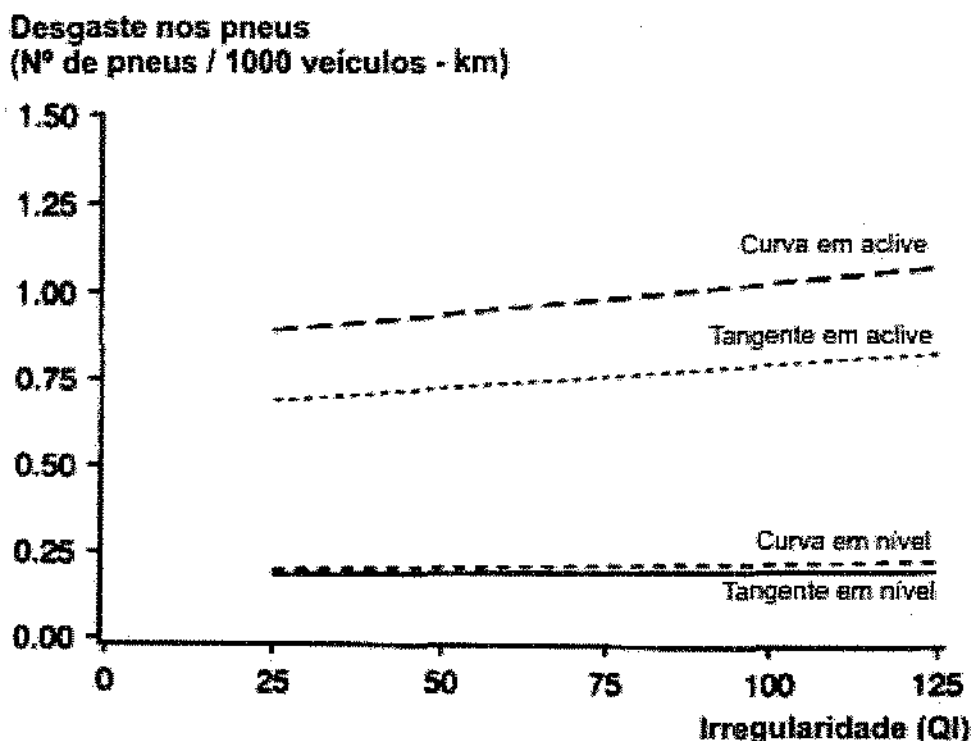


Figura 5.4: Desgaste dos pneus em função da irregularidade longitudinal e do perfil dos pavimentos para caminhões pesados, parcialmente carregados.

Fonte: adaptado de WATANATADA (1987) *apud* THAGESSEN (69).

YSHIBA (76), destaca a influência da irregularidade dos pavimentos na segurança viária, através da constatação de que são as ondulações e depressões do pavimento que propiciam a formação da lâmina d'água sobre o mesmo, afetando a estabilidade dos veículos devido a diminuição de aderência pneu/pavimento, aumentando a dificuldade de frenagem e a possibilidade de acidentes.

Ressaltando a relação entre a irregularidade longitudinal e a segurança viária, ZANIEWSKI *et al.*, *apud* WILDE; WAALKES; HARRISON (74), afirmam que o aumento nos acidentes com veículos é resultado do aumento da irregularidade dos pavimentos, ainda que não tenha sido possível a obtenção de modelos de previsão de número de acidentes, em função da irregularidade longitudinal com alto grau de correlação. Este estudo também concluiu que o aumento no custo operacional dos veículos e no tempo de atraso, são função da irregularidade longitudinal.

Os parágrafos anteriores detalharam vários tópicos que explicam porque a irregularidade longitudinal dos pavimentos é considerada um dos mais importantes índices de desempenho dos pavimentos, tanto no que tange aos modelos de gerência, quanto à prevenção de acidentes e segurança nas estradas.

Tal importância já vem sendo observada por diversos órgãos gestores de rodovias, que vem estabelecendo a irregularidade longitudinal inicial, na maioria dos casos juntamente com a deflexão, como parâmetro de aceitação, ou de bonificação/penalização, para obras novas (duplicações e terceiras faixas) e para obras de recuperação de pavimentos existentes.

A seguir, serão apresentados diversos aparelhos utilizados para o levantamento da irregularidade longitudinal dos pavimentos.

5.3. MEDIÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

Existem inúmeros equipamentos que podem ser utilizados para mensurar a irregularidade longitudinal dos pavimentos. Estes medidores apresentam características diversas, diferindo uns dos outros em termos de porte, acuracidade do levantamento e produtividade do equipamento.

Segundo MARCON (1996), *apud* LERCH (52), os primeiros equipamentos de medição de irregularidade longitudinal foram desenvolvidos a partir de 1920, embora algumas tentativas tenham sido feitas ainda antes de 1900.

Neste capítulo serão citados alguns destes equipamentos que se encontram atualmente em uso, destacando o medidor tipo resposta *Bump Integrator*, posto que foi o equipamento utilizado para os levantamentos utilizados nesta pesquisa.

Na tabela 5.2 é apresentada a classificação de SOUZA; FARIS; SHIMOISHI (67), para os equipamentos medidores de irregularidade longitudinal.

Diminui a precisão e aumenta a velocidade ↓	CLASSE	EQUIPAMENTO
	Classe I mais precisos baseados no perfil do pavimento	Dipstick (Digital Incremental Profiler) Nível e Mira Perfilômetro do TRL
	Classe II outros métodos perfilométricos	ARAN (Automatic Road Analyzer) Perfilógrafo Califórnia Dynatest Model 5051 RSP Laser Test System ALP (Longitudinal Analyser Profile, França) Road Surface Tester (Laser, RST Suécia) Road Tester 3000 South Dakota Road Profiler
	Classe III equipamentos tipo-resposta	K J Law Model 8300 Roughness Surveyor Maysmeter PURD (Portable Universal Roughness Device) Walker Roughness Device Integrador IPR/USP
	Classe IV menos precisos baseados em avaliação subjetiva	RCI (Riding Comfort Index) Present Serviceability Rating

Tabela 5.2: Classificação dos equipamentos medidores de irregularidade longitudinal.

Fonte: adaptado de BANCO MUNDIAL (TAC, 1997) *apud*. SOUZA; FARIS; SHIMOISHI (67).

BOTTURA (07) classifica os equipamentos medidores de irregularidade longitudinal em diretos, quando constituem processos de medidas diretas da geometria da via, e indiretos, quando realizam o levantamento do perfil do pavimento, conforme apresentado a seguir:

Equipamentos diretos:

Nível e Mira
Viga TRRL
DIPSTICK

Equipamentos indiretos:

Perfilógrafos / Perfilômetros
Réguas Móveis
Perfilógrafo Tipo Califórnia

Perfilômetros de Inclinação Longitudinal - CHLOE

Perfilômetro de Dinâmica de Superfície – GM, GMR ou de Alta Velocidade

Analizador de Perfil Longitudinal (APL)

MERLIN

Equipamentos tipo resposta indiretos:

Integrador Tipo Resposta IPR/USP

MIRR

Rugosímetro do Bureau of Public Roads (BPR)

Maysmeter

Bump Integrator

Integrador de Deslocamentos Lineares (LDI) da África do Sul

PCA Road Meter

Equipamentos sem contato:

Sonda Sem Contato Baseada em Raio Laser

Sonda Sem Contato com Luz Infravermelha

Modelo 690 DNC (K. J. Law Engineers)

Modelo 8.300 (K. J. Law Engineers)

Perfilômetro de Alta Velocidade da Universidade Delfi

Perfilômetro Inglês com Raio Laser (TRRL)

Dynatest 500 Roughness and Distress Meter

Portable Universal Roughness Device (PURD)

Automatic Road Analyzer (ARAN)

BOTTURA (07) relata ainda que os aparelhos que apresentam maior acurácia nas medidas mas que, em contrapartida, se mostram extremamente lentos em termos de produtividade, são os equipamentos de determinação do perfil do pavimento de maneira direta, tais como o levantamento por Nível e Mira, a viga TRRL e o *Dipstick*. Em seguida, com acurácia pouco menor mas produtividade extremamente alta, apesar dos custos elevados, aparecem os perfilômetros e outros equipamentos “sem contato”. Com produtividade variável, acurácia menor

e custos mais baixos, surgem os equipamentos que requerem calibração constante (tais como os integradores tipo resposta). Finalmente, o meio de menor precisão para se estimar a irregularidade longitudinal dos pavimentos é a utilização de métodos subjetivos e não aferidos de medição.

No Brasil, é muito comum a utilização de equipamentos tipo resposta para a medição da irregularidade longitudinal, posto que apresentam custo baixo, produtividade boa e acuracidade aceitável, necessitando, entretanto, calibração periódica.

No caso específico das medidas de irregularidade utilizadas nesta pesquisa, as mesmas foram levantadas com o *Bump Integrator* (TRRL). O *Bump Integrator* mede o deslocamento relativo entre a carroceria do veículo que o transporta e seu eixo traseiro, sendo instalado entre o eixo e o corpo do veículo e produzindo contagens que são proporcionais ao movimento da suspensão. As figuras 5.5 e 5.6 apresentam fotografias do *Bump Integrator*.

BOTTURA (07) afirma que *“os movimentos relativos verticais são acumulados, em valor absoluto, ao longo de uma distância pré-fixada. A razão entre os deslocamentos e a distância percorrida produz a medida de irregularidade, que pode ser expressa em mm/km.”*

As medidas de irregularidade longitudinal levantadas através de equipamentos tipo resposta, utilizam a unidade de medida QI ou índice de Quarto de Carro. Segundo HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44), o conceito de quarto de carro, como um método de análise do perfil de pavimentos, foi originalmente uma tentativa de simular os dados de saída do rugosímetro BPR. Subseqüentemente, estudos da Universidade de Michigan demonstraram que, modelos que consideravam todo o carro ou meio carro, tinham certas desvantagens em relação ao Quarto de Carro no que diz respeito à calibração dos sistemas medidores de irregularidade e eram computacionalmente muito mais complicados.

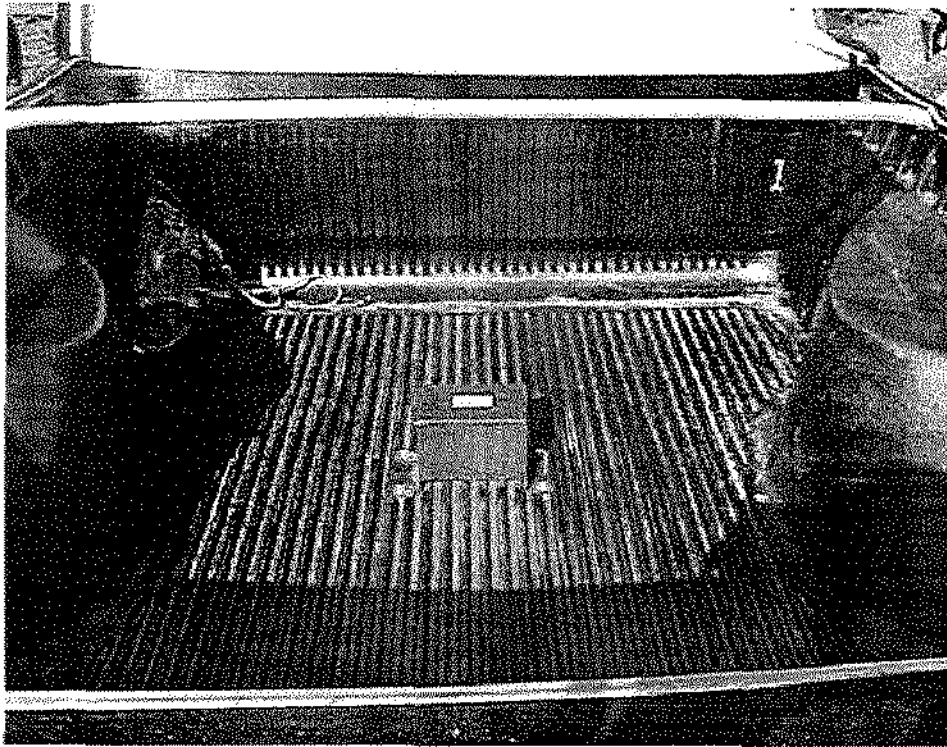


Figura 5.5: *Bump Integrator* utilizado para os levantamentos de campo.

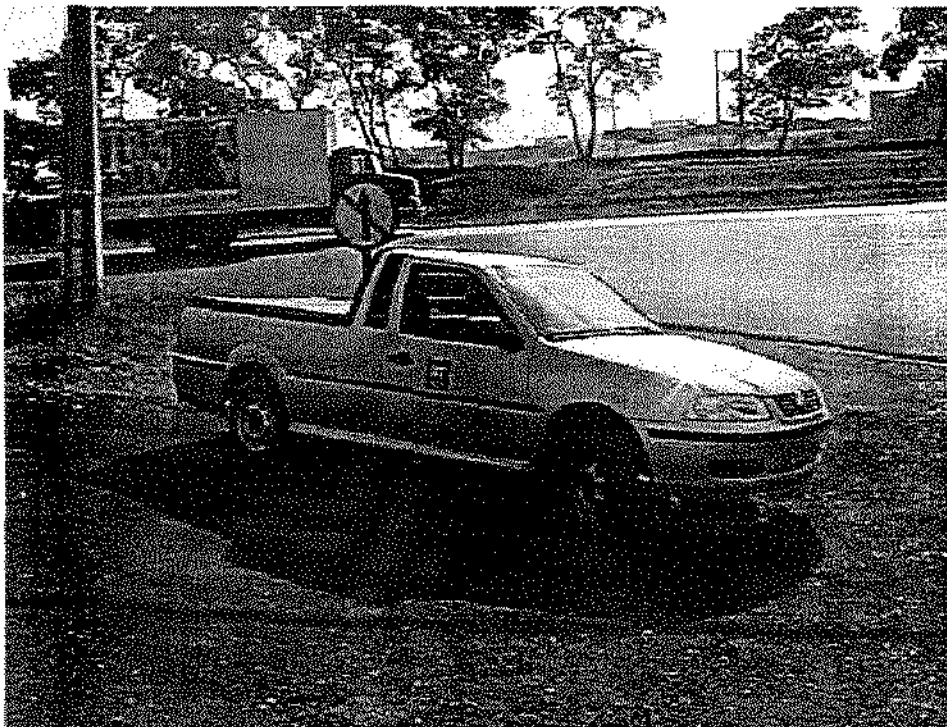


Figura 5.6: *Bump Integrator* utilizado para os levantamentos de campo.

O QI, de acordo com DOMINGUES (27), é dado em unidade de distância por unidade de comprimento mas, para evitar confusão com outras medidas da irregularidade, as unidades foram designadas “contagens por quilômetro”.

O QI pode ser calculado por:

$$QI_p = (1 / 2 L) \int_0^L |x'_1 - x'_2| dL, \text{ onde:} \quad (5.3.01)$$

x_1 = ordenada da massa suspensa.

x_2 = ordenada da massa não suspensa.

L = distância percorrida ao longo da estrada, geralmente segmentos de 320 m.

DOMINGUES (27) explica ainda que o Quarto de Carro representa um sistema com duas massas, molas e amortecedor, em que o amortecedor pode ser descrito como um êmbolo dentro de um tubo que contém um líquido viscoso. O conjunto resiste a qualquer movimento relativo entre as massas M_1 e M_2 , exercendo uma força resistiva proporcional à velocidade relativa e a constante de proporcionalidade é a constante do amortecedor.

A figura 5.7 representa o esquema do simulador Quarto de Carro.

Os aparelhos tipo resposta necessitam de calibração constante e, de acordo com a DNER PRO 164/94 (20), a calibração dos medidores de irregularidade pode ser definida como “o conjunto de operações que visam fornecer uma equação, chamada equação de calibração, que relaciona as leituras fornecidas pelo medidor à escala padrão adotada.” Em geral, estas equações podem ser de dois tipos: $QI = (a + b L)$ ou $QI = (a + b L + c L^2)$.

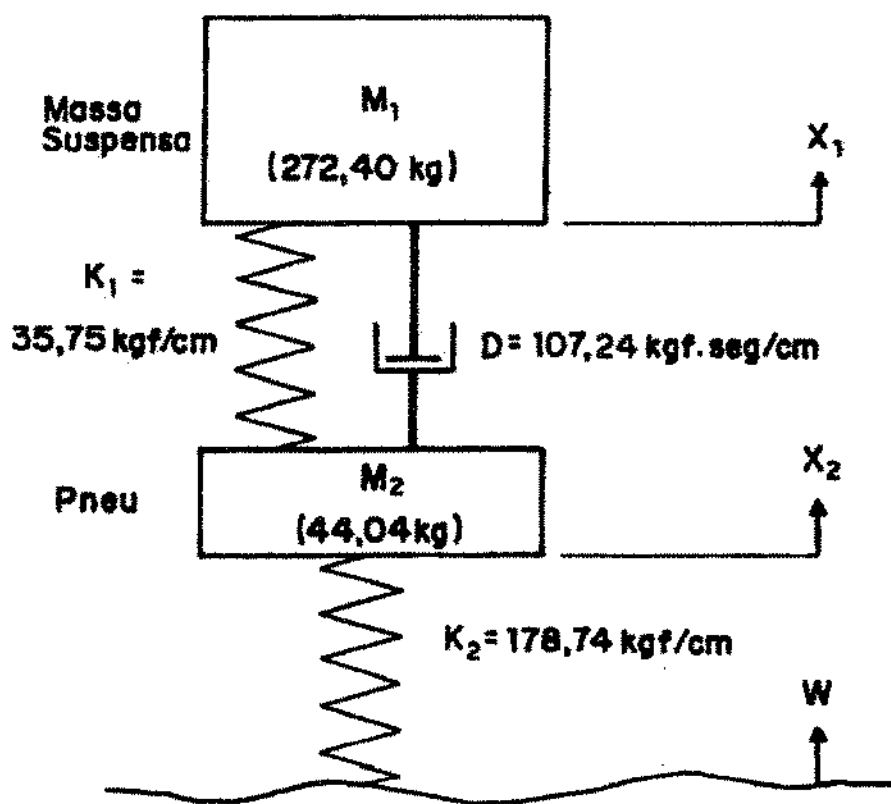


Figura 5.7: Simulador de quarto de carro.

Fonte: QUEIROZ, 1984 *apud* MEDINA (57).

A DNER – ES 173/86 (15) normatiza o levantamento da irregularidade através do processo Nível e Mira para a calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta, recorrendo sobre aparelhagem, pessoal, execução dos serviços e obtenção dos resultados.

A figura 5.8 apresenta fotografia de levantamento com nível e mira, para calibração de sistemas medidores tipo resposta.

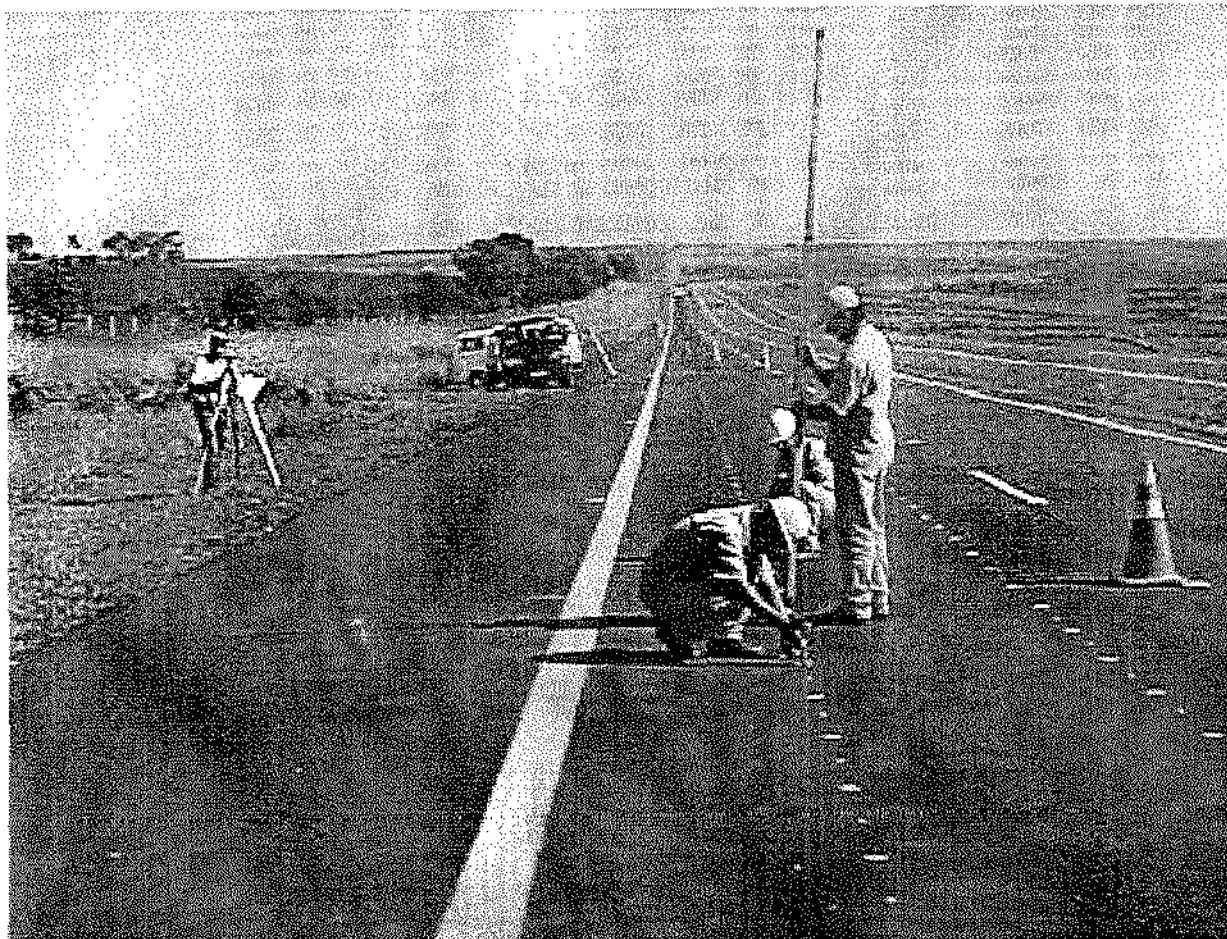


Figura 5.8: : Levantamento por Nível e Mira, na SP 340 – abril/2003.

Os levantamentos, objetos de estudo deste trabalho, foram realizados com equipamento *Bump Integrator* e portanto, seguiram as recomendações constantes da DNER PRO 182/94 (22), que define o procedimento a ser utilizado para a determinação da irregularidade longitudinal de superfície de rodovias, com o emprego de sistemas integradores tipo resposta (IPR/USP ou *Maysmeter*), tanto em nível de rede quanto em nível de projeto.

A DNER PRO 229/94 (23) define o procedimento a ser utilizado na manutenção de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento tipo resposta, recomenda técnicas de manutenção preventiva, manutenção no campo, manutenção no laboratório de instrumentação, e descreve o conjunto de componentes para reposição e o estojo de ferramentas.

Corroborando a imensa importância da calibração dos equipamentos medidores de irregularidade longitudinal, destaca-se que, após experimentos realizados em 36 segmentos - 21 em tangente e em nível, e 15 curvos e/ou em rampa acentuada - DOMINGUES; BOTTURA (30) constataram que os modelos ajustados para trechos em tangente e em nível, não computam adequadamente o QI para trechos de geometria variável, e afirmam que *“em regiões ou porções de malhas rodoviárias onde as geometrias horizontal e vertical sejam caracterizadamente variáveis, devem ser testados modelos de regressão para obtenção do QI através das leituras L dos SMIRTR que incluam as variáveis rampa (r), aceleração radial (v^2/R) e o quadrado da aceleração radial $(v^2/R)^2$.”*

Além disso, os autores apontam que, as equações utilizadas para calibração dos sistemas medidores de irregularidade longitudinal constantes da normatização do DNER, tendem a distorcer as faixas mais baixas de medidas de irregularidade, se bem que não passam pela origem, propondo que novas curvas de calibração sejam desenvolvidas de acordo com faixas pré estabelecidas de irregularidade longitudinal, tais como, por exemplo, média/baixa (QI de 0 a 58,5) e alta/média (QI maior que 58,5).

6. MODELOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO

6.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS DE DESEMPENHO ESTUDADOS

Os modelos de desempenho de pavimentos foram desenvolvidos ao longo do tempo, com o objetivo de prever as condições futuras de determinado pavimento, de modo que fosse possível prever, com razoável acuracidade, a necessidade de investimentos futuros, permitindo o planejamento das ações de recuperação do pavimento com a antecipação necessária para a captação de recursos e a contratação dos serviços. Além disso, estes modelos permitem ainda a hierarquização dos segmentos da malha viária que deverão ser restaurados prioritariamente devido a maior ocorrência de defeitos, embora muitas vezes o órgão gestor da rodovia não possua recursos suficientes para a restauração de todos os segmentos por ele geridos.

Ou seja, os modelos de desempenho de pavimentos permitem que seja feita com maior acurácia, através do sistema de gerência de pavimentos, a avaliação econômica dos investimentos, que se baseiam nos custos anuais de construção e manutenção, e nos custos dos usuários (custos operacionais, ambientais, acidentes, etc), sendo vitais para o planejamento das atividades de reabilitação do pavimento, e portanto, imprescindíveis aos sistemas de gerência de pavimentos.

ODOKI; KERALI (59) afirmam que um modelo de avaliação de investimentos viários deve ser usado para auxiliar na escolha do nível apropriado para os padrões de projeto e manutenção, que venham a minimizar o custo total do transporte. Ainda segundo os autores, se uma estrada de baixo padrão é construída, altos custos de manutenção e altos custos para os usuários podem ser

esperados, o que acaba por resultar em um elevado custo total do transporte. Se uma via de alto padrão é construída, teremos um alto custo inicial para a construção.

Ou seja, neste cenário, os modelos de avaliação de investimentos serão úteis para definir um meio termo que resulte em um custo total do transporte mínimo. A figura 6.1 ilustra a relação entre custos e padrões de vias.

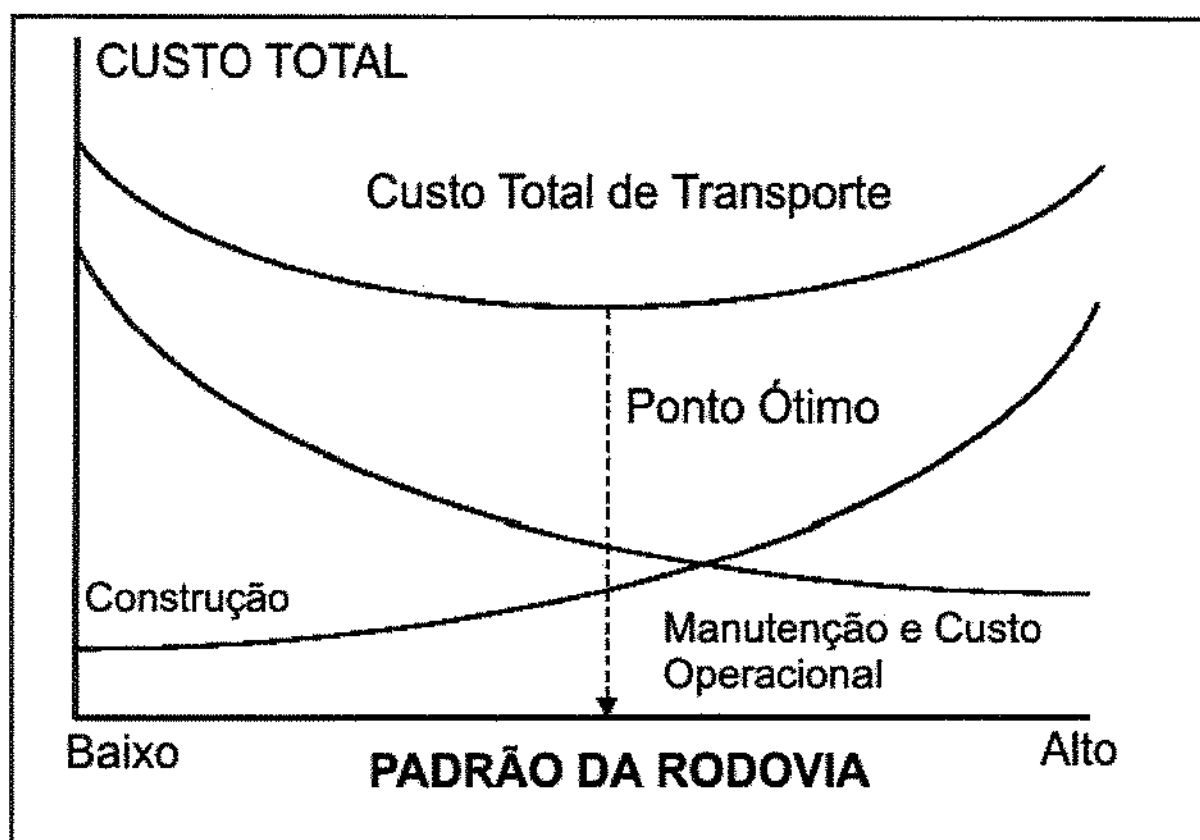


Figura 6.1: Custo total x Padrão da via.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

LERCH (52) define modelos de previsão de desempenho como equações - ou sistema de equações - desenvolvidas após análises e estudos realizados de forma sistemática, que estimam a evolução dos parâmetros relacionados à degradação dos pavimentos de uma rodovia com base na análise dos dados observados nesta, tais como evoluções de trincas, afundamentos de trilha de roda e irregularidade longitudinal. Afirma, ainda, que estas equações devem ser ajustadas para uma melhor adaptação dos modelos a cada região.

Segundo DARTER (1980), *apud* MARCON; APS; CARDOSO (54), “os requisitos básicos para qualquer modelo de previsão são:

- a) uma base de dados adequada;
- b) inclusão de todas as variáveis significativas que afetam a deterioração;
- c) seleção cuidadosa da forma funcional do modelo para representar a situação física e real;
- d) critérios para determinar a precisão do modelo.”

A figura 6.2 ilustra como um modelo de previsão é utilizado para a previsão da deterioração de um pavimento existente, bem como para prever o efeito de intervenções neste pavimento.

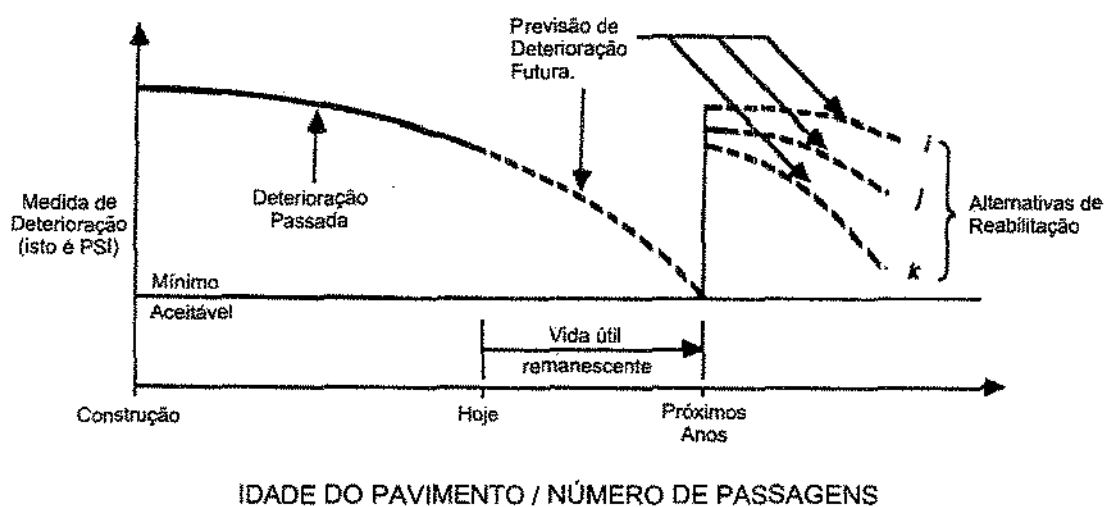


Figura 6.2: Modelos de previsão de deterioração do pavimento.

Fonte: adaptado de HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44).

Segundo EKDAHL (32), os modelos de deterioração ou desempenho podem ser divididos em 2 grupos:

- Modelos que trabalham com alterações incrementais na condição dos pavimentos.

- Modelos que determinam a vida útil, mas não as alterações incrementais ao longo do tempo.

Para YSHIBA (76) os modelos de previsão de desempenho podem ser divididos em 2 grupos principais:

- Modelos Determinísticos.
- Modelos Probabilísticos.

Sendo que os modelos determinísticos podem ser divididos em 3 subgrupos:

- Modelos empíricos ou de regressão.
- Modelos mecanístico/empíricos.
- Modelos mecanísticos.

HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44) classificam os modelos de previsão em 4 tipos básicos:

- Puramente mecanísticos: baseados em algum parâmetro comportamental do pavimento, como tensões, deformações ou deflexões.
- Mecanístico/empíricos: os parâmetros de resposta do pavimento são relacionados com as medidas de deterioração estrutural ou funcional, através de modelos de regressão.
- Regressão ou empíricos: nos quais as variáveis dependentes, que caracterizam a deterioração funcional ou estrutural, relacionam-se com uma ou mais variáveis independentes, tais como resistência do subleito, carga por eixo, espessura das camadas e suas propriedades, fatores ambientais e suas interações.
- Subjetivos ou probabilísticos: utilizamos modelos probabilísticos criados a partir de processos de transição de Markov ou semi-Markov, que utilizam matrizes nas quais é estimada a probabilidade de uma situação presente variar ou não em um tempo futuro.

Uma das vantagens dos modelos probabilísticos, quando comparados aos determinísticos, é que para a elaboração dos primeiros não são necessárias séries históricas de dados, que nem sempre

encontram-se disponíveis, mas que são imprescindíveis aos modelos determinísticos. Entretanto, para a elaboração dos modelos probabilísticos é necessária grande quantidade de opiniões de especialistas, através das quais serão desenvolvidas matrizes para cada combinação de fatores, o que implica em um grande número de matrizes e, conseqüentemente, lentidão no processo de elaboração do modelo.

A figura 6.3 exemplifica os modelos subjetivos, elaborados a partir de matrizes de transição probabilísticas.

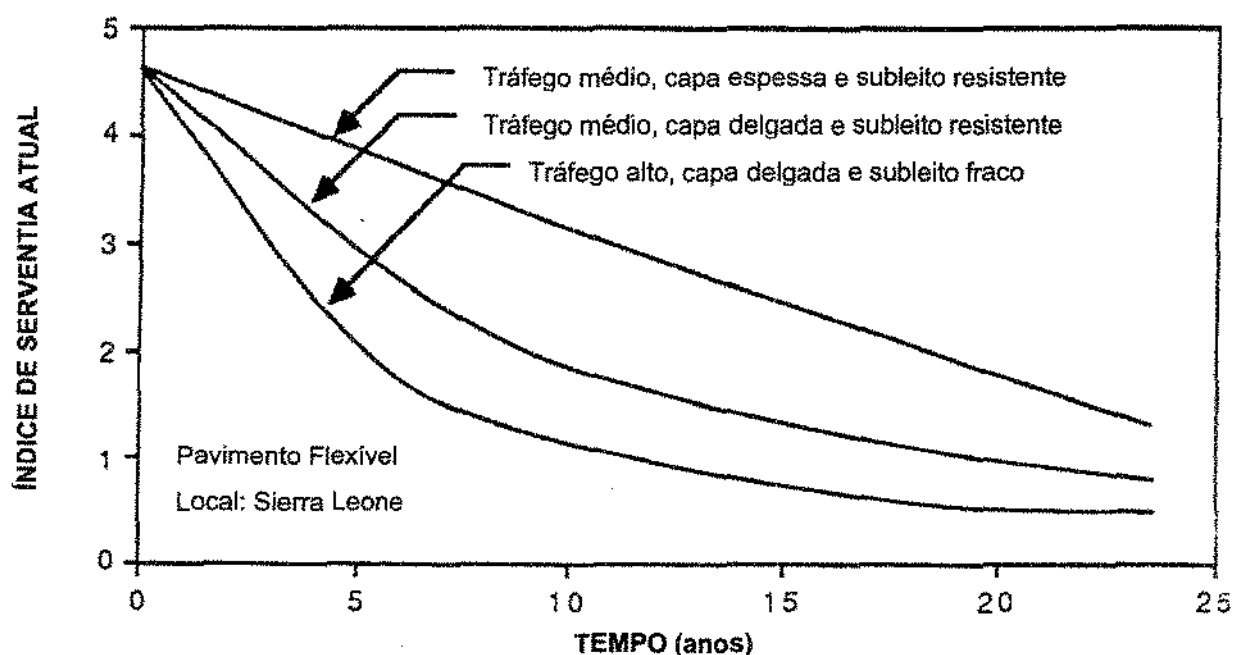


Figura 6.3: Exemplos de curvas de *performance* a partir de matrizes de transição probabilísticas (modelos subjetivos).

Fonte: adaptado de HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44).

Um dos campos apontados por HAAS (43), como passíveis de desenvolvimento, é o da criação de modelos de previsão que possam separar a perda de performance em seus 3 componentes distintos (conforme figura 6.4):

- Perda associada ao carregamento do tráfego.

- Perda associada aos fatores ambientais.
- Perda associada à interação entre os dois fatores acima listados.

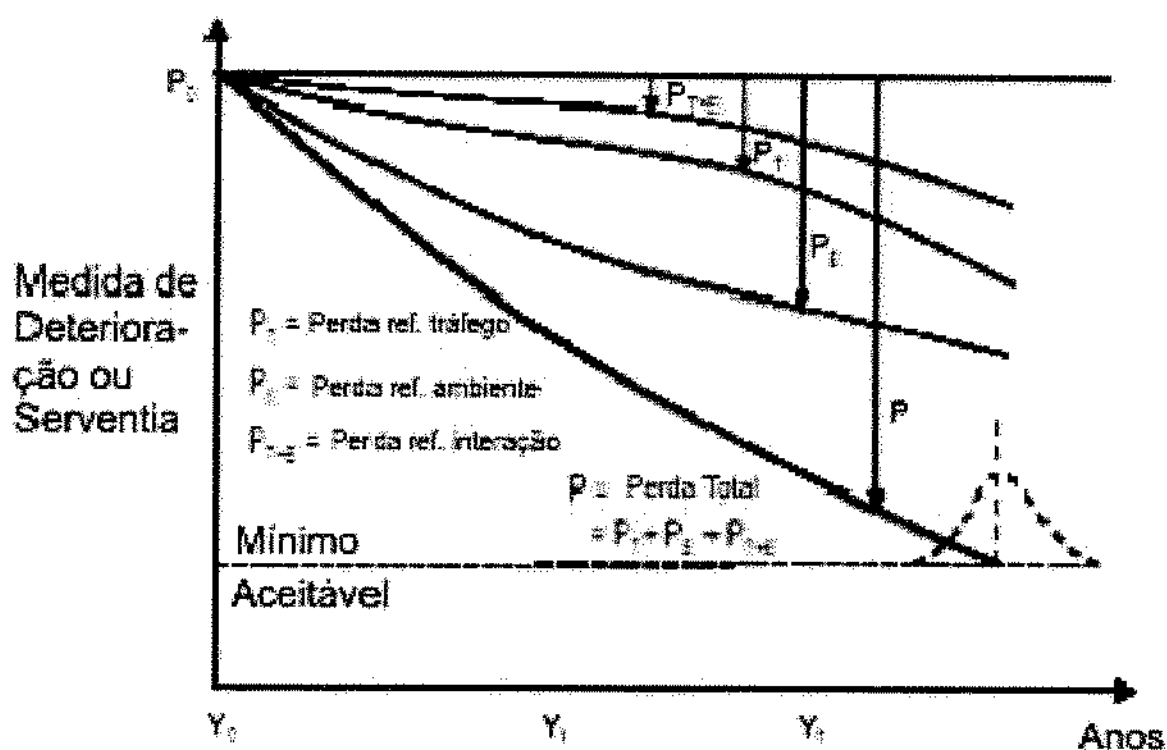


Figura 6.4: Perda de *performance* do pavimento separada por componente.

Fonte: adaptado de HAAS (43).

Os modelos de desempenho são altamente dependentes da quantidade, qualidade e acuracidade dos dados de entrada (variáveis independentes), de modo que seus resultados serão tão mais precisos quanto maiores forem as quantidades e a qualidade das grandezas levantadas em campo.

Entretanto, observa-se que cada modelo de deterioração ou desempenho, é influenciado de maneira diferente por cada variável de entrada, de maneira que pode ser determinado, através de estudos de sensibilidade, quais as variáveis de maior grau de influência nos resultados do modelo que se está utilizando, de modo que estas variáveis possam ser levantadas de maneira mais cuidadosa, com maior periodicidade, e que seja dada maior atenção aos fatores de calibração do modelo relacionados às mesmas.

Desta forma, deverão ser aplicados maiores recursos financeiros para a obtenção das variáveis mais importantes, sendo que as demais variáveis podem contar com levantamentos mais expeditos e espaçados, sem que os resultados do modelo de desempenho sejam afetados ou prejudicados.

Destaca-se ainda que existe uma grande variedade de modelos de deterioração para pavimentos que, na grande maioria dos casos, encontram-se ajustados às condições específicas para as quais foram desenvolvidas. Conseqüentemente, estes modelos não servem para condições de contorno (por exemplo: temperatura, precipitação ou materiais) que, de alguma maneira, difiram das condições originais dos modelos.

Deste feito torna-se imprescindível o ajuste dos modelos existentes que, de acordo com BUSTOS *et al.* (1998), *apud* LERCH (52), consiste em encontrar os parâmetros que minimizem a diferença entre os valores previstos pelos modelos em utilização com os encontrados em campo. Ou seja, o ajuste irá permitir previsões mais confiáveis e, conseqüentemente, escolhas mais adequadas quanto às obras de recuperação de pavimentos para cada caso.

Na Figura 6.5, observam-se as diferenças entre os resultados de dois modelos de previsão de irregularidade longitudinal, estudados por EKDAHL (32), que comparou o modelo HDM 4, do Banco Mundial, com o modelo *MMOPP* (*Mathematical Model of Pavement*). Nota-se, na figura, que ao fixar-se um limite de $IRI = 4,0$ para a irregularidade longitudinal para o mesmo segmento, teríamos uma diferença de cerca de 25% entre a vida útil prevista pelo modelo *MMOPP* e a prevista pelo HDM 4. Além disso, observa-se o rápido crescimento da irregularidade longitudinal segundo o HDM 4, a partir do 16º ano, o que se deve ao desenvolvimento acelerado do trincamento da superfície do pavimento a partir do referido ano, sendo que o mesmo crescimento não é observado no modelo *MMOPP*.

Segundo EKDAHL (32), as diferenças entre o modelo mecanístico/empírico *MMOPP* (desenvolvido por Ullidtz junto à Universidade Técnica da Dinamarca, baseado no método de equivalência de espessuras, com as transformações de Odemark e as equações de Boussinesq) e o

HDM 4 (modelo empírico desenvolvido pelo Banco Mundial) podem ser explicadas devido ao modelo MMOPP apresentar a espessura da camada betuminosa, a carga por eixo e a pressão dos pneus como grandezas de maior influência sobre a vida de serviço, e o HDM 4 apresentar como parâmetros de maior influência o módulo resiliente da subbase e a carga por eixo.

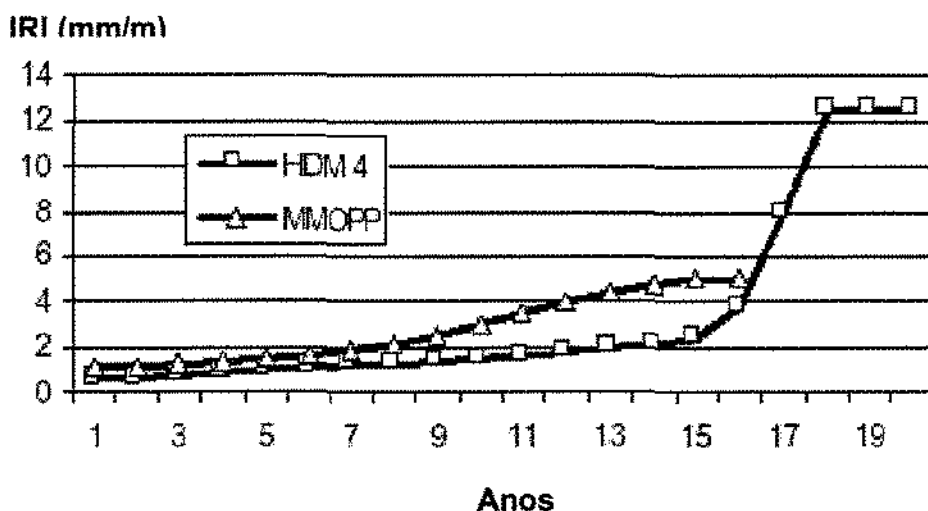


Figura 6.5: Comparação dos modelos HDM 4 e MMOPP (IRI x Anos).

Fonte: EKDAHL (32).

Em decorrência da existência destes inúmeros modelos de previsão de desempenho funcional de pavimentos e do fato de cada um deles ter sido desenvolvido para condições de contorno específicas e, portanto, apresentarem aplicabilidade restrita em condições diferentes para as quais foram desenvolvidos em função destas condições de contorno, mostra-se imprescindível o ajuste de todo e qualquer modelo às condições específicas da malha a ser estudada, conforme vem sendo feito por alguns autores citados anteriormente.

Isto colocado, para o desenvolvimento desta dissertação, foram selecionados quatro importantes métodos de previsão de desempenho para a irregularidade longitudinal de pavimentos, devido à sua origem ou utilização no Brasil e no mundo, para serem comparados com dados medidos em campo e, se possível ajustados em função dos resultados obtidos nesta comparação.

6.2. MODELO DO HDM III

Visto que se trata de um sistema de avaliação de pavimentos e contempla diversos modelos de previsão de desempenho amplamente difundidos, tanto no Brasil quanto no exterior, o HDM III foi um dos modelos escolhidos para este estudo.

Conforme descrito por ARCHONDO-CALLAO (02), o HDM – *Highway Design and Maintenance Standard Model* é um programa computacional que objetiva analisar o custo total do transporte para alternativas de melhorias rodoviárias e estratégias de manutenção, provendo um modelo detalhado da deterioração dos pavimentos e dos efeitos da manutenção, além do cálculo de custos anuais de construção e manutenção viárias e de custos operacionais de veículos. Ainda segundo o autor, tanto acidentes quanto outros impactos, podem ser adicionados de maneira exógena à avaliação econômica.

Segundo HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44), o modelo HDM é utilizado para comparar estimativas de custos e soluções econômicas para várias opções de políticas de manutenção ou reabilitação, incluindo estratégias com intervenções em diferentes períodos de tempo.

Segundo CARVALHO; HALLACK; SILVA (10), as principais aplicações do HDM estão:

- no planejamento rodoviário, onde o modelo é utilizado como suporte analítico para justificar a solicitação de empréstimos e para previsão de necessidades financeiras .
- nas aplicações técnicas, onde o modelo auxilia na determinação de estratégias ótimas de manutenção, na escolha de opções de projeto de manutenção, e na simulação da magnitude da deterioração do pavimento.
- na aplicação econômica, o modelo facilita a análise da atribuição dos custos e das despesas relativas ao uso das rodovias e no estabelecimento de preços do transporte rodoviário.

HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44) afirmam que o HDM utiliza relações empíricas para estimar a performance do pavimento e os custos operacionais. Estas relações foram desenvolvidas a partir de dados obtidos pelo laboratório do TRR no Quênia, pelo GEIPOT no Brasil e através de estudos conduzidos na Índia e no Caribe.

Conforme descrito por CHESTER; HARRISON (12), foram realizados quatro grandes estudos para a determinação dos custos operacionais dos veículos: o estudo do Quênia, do Brasil, do Caribe e da Índia. Em todos os casos foram relacionados, por tipo de veículo pesquisado (carros, ônibus e caminhões), a irregularidade longitudinal do pavimento, a curvatura e o perfil do terreno (*Rise; Fall*), o consumo de combustíveis e de pneus, e as velocidades. O estudo do Brasil, conduzido entre 1975 e 1982, foi o mais extenso e o mais caro, e buscou determinar os custos operacionais dos principais veículos rodoviários (não urbanos) brasileiros.

THAGESSEN (69) explica ainda que o conceito geral do modelo HDM III consiste em somar, em termos de valor presente líquido, os custos relativos à construção (que são função do terreno, do solo, das condições climáticas, do projeto geométrico e de custos unitários), à manutenção (que é função da deterioração da via, dos padrões de manutenção e dos custos unitários) aos custos impostos aos usuários (que são função do projeto geométrico, da condição de superfície, da velocidade da via, dos tipos de veículos e dos custos unitários), das alternativas estudadas. Custos estes que são obtidos através da previsão das quantidades físicas que serão consumidas pelas alternativas em estudos, multiplicadas pelos custos unitários ou preços.

DOMINGUES (28) cita como principal limitação do modelo HDM-III, o fato de o modelo de Custo Operacional dos Veículos representar condições de fluxo livre, não analisando o caso de tráfego congestionado, explicando que apenas em 1992 foi concluído o estudo para tráfego congestionado. Além disso, o modelo HDM-III não avalia segurança nem acidentes das estradas, deixando a desejar também quanto a consideração dos impactos ambientais, como a poluição do ar ou a poluição sonora.

O modelo HDM-III realiza a previsão de desempenho do pavimento através de mudanças incrementais na condição do pavimento, durante cada análise anual em função das condições superficiais, funcionais e estruturais iniciais do tráfego, do meio ambiente e das estratégias de manutenção. Os 5 modelos existentes no HDM-III, para rodovias pavimentadas, estudam a irregularidade longitudinal, as condições de trincamento superficial, o afundamento nas trilhas de roda, as condições de desagregação do revestimento, e o surgimento e progressão de panelas. Os

modelos utilizam-se de diversos parâmetros relativos aos pavimentos como dados de entrada, e de curvas de desempenho para projetar os índices de desempenho ao longo do tempo.

A previsão de irregularidade, segundo o HDM III, é composta pela soma de três componentes: a deformação estrutural, que se relaciona com a carga por eixo padrão do fluxo de veículos e o número estrutural; a condição de superfície, que se relaciona com as alterações no trincamento, o aparecimento de panelas e o afundamento nas trilhas de roda; e um componente que se relaciona com a idade do pavimento e com os fatores ambientais.

WATANATADA *et al.* (73) apresentam as equações do modelo HDM III para previsão de irregularidade longitudinal, ao longo do tempo, conforme transcrito a seguir:

$$\Delta QI = 13 k_{gp} [134 e^{(0,023 k_{ge} AGE3)} (SNPK_a + 1)^{-5} YE4 + 0,114 (RDS_b - RDS_a) + 0,0066 \Delta ACX_d + 0,42 \Delta APOT_d] + k_{ge} 0,023 QI_a \quad (6.2.1)$$

$$SNPK_a = \max (1,5; SNP_a - dSNPK) \quad (6.2.2)$$

$$SNP_a = 0,0394 \sum_{i=1}^n a_i h_i + SNSUBG \quad (6.2.3)$$

$$SNSUBG = 3,51 \log_{10} (CBR) - 0,85 [\log_{10} (CBR^2) - 1,43] \quad (6.2.4)$$

$$dSNPK = 0,0000758 [ACX'_a HSNEW + ECR HSOLD] \quad (6.2.5)$$

$$ACX'_a = \min (63; ACX_a) \quad (6.2.6)$$

$$ECR = \max [\min (CRX_a - PCR_X; 40); 0] \quad (6.2.7)$$

$$PACX = 0,62 PCRA + 0,39 PCRW \quad (6.2.8)$$

$$QI_b = \min (150; QI_a + \Delta RI) \quad (6.2.9)$$

onde:

k_{gp}	fator de deterioração para progressão da irregularidade (valor padrão = 1,0).
k_{ge}	fator de deterioração para progressão da irregularidade devido ao fator-ambiental (valor padrão = 1,0).
ΔACX_d	alteração da área com trincamento indexado ao longo do ano de análise (% da área total do segmento).
ACX_a	área com trincamento indexado no início do ano de análise (% da área total do segmento).
$PACX$	área com trincamento indexado na camada de rolamento antiga (% da área total do segmento).
$PCRA$	área total trincada antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
$PCRW$	área com trincas largas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
$\Delta APOT_d$	alteração na área total de painéis durante o ano em análise (% da área total).
QI_a	irregularidade do pavimento no início do ano em análise (cont/km).
QI_b	irregularidade do pavimento ao final do ano em análise (cont/km).
SNP_a	número estrutural ajustado no início do ano de análise.
$SNSUBG$	contribuição da camada de subleito.

RDS_b	desvio padrão do afundamento na trilha de roda ao final do ano em análise (mm).
RDS_a	desvio padrão do afundamento na trilha de roda no início do ano em análise (mm).
HSNEW	espessura do recapeamento mais recente (mm).
HSOLD	espessura total das camadas de rolamento inferiores (mm).
AGE3	idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos).
YE4	número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão (milhões por faixa).
ΔQI	incremento total na irregularidade durante o ano em análise (cont/km).
dSNPK	redução no número estrutural ajustado devido ao trincamento.
$SNPK_a$	número estrutural ajustado devido ao trincamento ao início do ano de análise.
a_i	coeficiente estrutural da camada “i” do pavimento.
h_i	espessura da camada “i” de rolamento ou base (mm).

Devido a importância do ajuste do modelo HDM III para irregularidade longitudinal, foram realizados diversos estudos com este objetivo, cujos resultados são relatados na sequência.

SESTINI; SÓRIA; QUEIROZ (65) estudaram dezenove segmentos homogêneos locados na região central do estado de São Paulo, visando determinar o fator de deterioração para o modelo de previsão de irregularidade longitudinal do HDM III. No estudo, obteve-se um fator de

deterioração igual a 1,265; ou seja, a deterioração do pavimento estudado, em termos de irregularidade, é 26% superior à prevista pelo modelo HDM III.

Já VIANNA; COUTINHO; FERNANDEZ (71) conduziram um estudo que visou comparar os dados de irregularidade, entre outros índices de desempenho, medidos em campo no ano de 1996, com os previstos pelo modelo HDM III sobre dados levantados no ano de 1993. Foram considerados 107 segmentos homogêneos de rodovias pavimentadas do estado de Minas Gerais, que não sofreram nenhuma intervenção, além de operação tapa buracos no período considerado na análise. Entretanto, a equação de correlação obtida apresentou coeficiente de determinação (r^2) extremamente baixo (0,0546) e é apresentada a seguir:

$$QI_{HDMIII} = 0,2705 QI_{MEDIDO} + 34,9 . \quad (6.2.10)$$

Finalmente, ressalta-se a importância de ajuste do modelo, preconizado pelo HDM III para a previsão de irregularidade longitudinal, em concordância com HAAS; HUDSON; ZANIEWSKI (44), que destacam que um certo grau de calibração é quase sempre requerido para alguns parâmetros do modelo, de forma que sejam estimadas de maneira razoável as condições do local para o qual está sendo desenvolvido o estudo. Os autores ainda aconselham a dedicação de esforços no sentido de ajustar, ao menos os fatores de deterioração de pavimento do HDM III, que aumentam ou diminuem as manifestações dos defeitos, para simular as condições locais.

6.3. MODELO DO HDM 4

Apesar da versão III do modelo HDM ainda ser largamente utilizada, o Banco Mundial, com o intuito de complementar e atualizar o modelo, já disponibilizou a atualização do modelo através do desenvolvimento da versão 4 que, nos próximos anos, deve substituir completamente a versão III.

Conforme destacam BENNETT; PATERSON (06), o HDM 4 apresenta três conjuntos interativos de custos: os custos relacionados à construção, os relacionados à manutenção e os relacionados ao uso rodoviário.

As principais complementações trazidas pelo HDM 4, em relação ao HDM III, conforme apontam CARVALHO; HALLACK; SILVA (10), consistem em:

- incorporar outros tipos de pavimento, tais como pavimento de concreto;
- considerar pavimentos asfálticos em climas frios;
- atualizar as características da frota veicular;
- considerar aspectos relacionados à segurança e ao meio-ambiente;
- considerar os efeitos de congestionamento;
- atualizar o *software*, compatibilizando-o com o ambiente Windows.

Comparando-se a estrutura do modelo de deterioração viária desenvolvida no HDM 4, principalmente no que tange à irregularidade longitudinal, observa-se que o mesmo é muito mais flexível que o do HDM III, posto que considera uma ampla gama de tipos de pavimentos, possibilita que os modelos genéricos alterem o valor de seus coeficientes em função do tipo de pavimento, proporcionando assim o ajuste do modelo em função das condições de contorno apresentadas pelos segmentos a serem estudados, e utiliza modelos mais detalhados cujos efeitos são inter-relacionados, de modo a obter previsões mais confiáveis.

A figura 6.6 apresenta a estrutura do modelo HDM 4.

Segundo JUNG; KALOUSH; WAY (48), uma das maiores desvantagens do HDM 4, quanto à irregularidade longitudinal, é a dificuldade de comparar o custo ao qual os usuários são submetidos em diferentes alternativas que contemplem pavimentos de alta qualidade (com cerca de 2 m/km de IRI), visto que o HDM 4 foi desenvolvido para países em desenvolvimento. A tabela 6.1 apresenta os valores considerados no programa para qualidade ao rolamento de diferentes classes de rodovias.

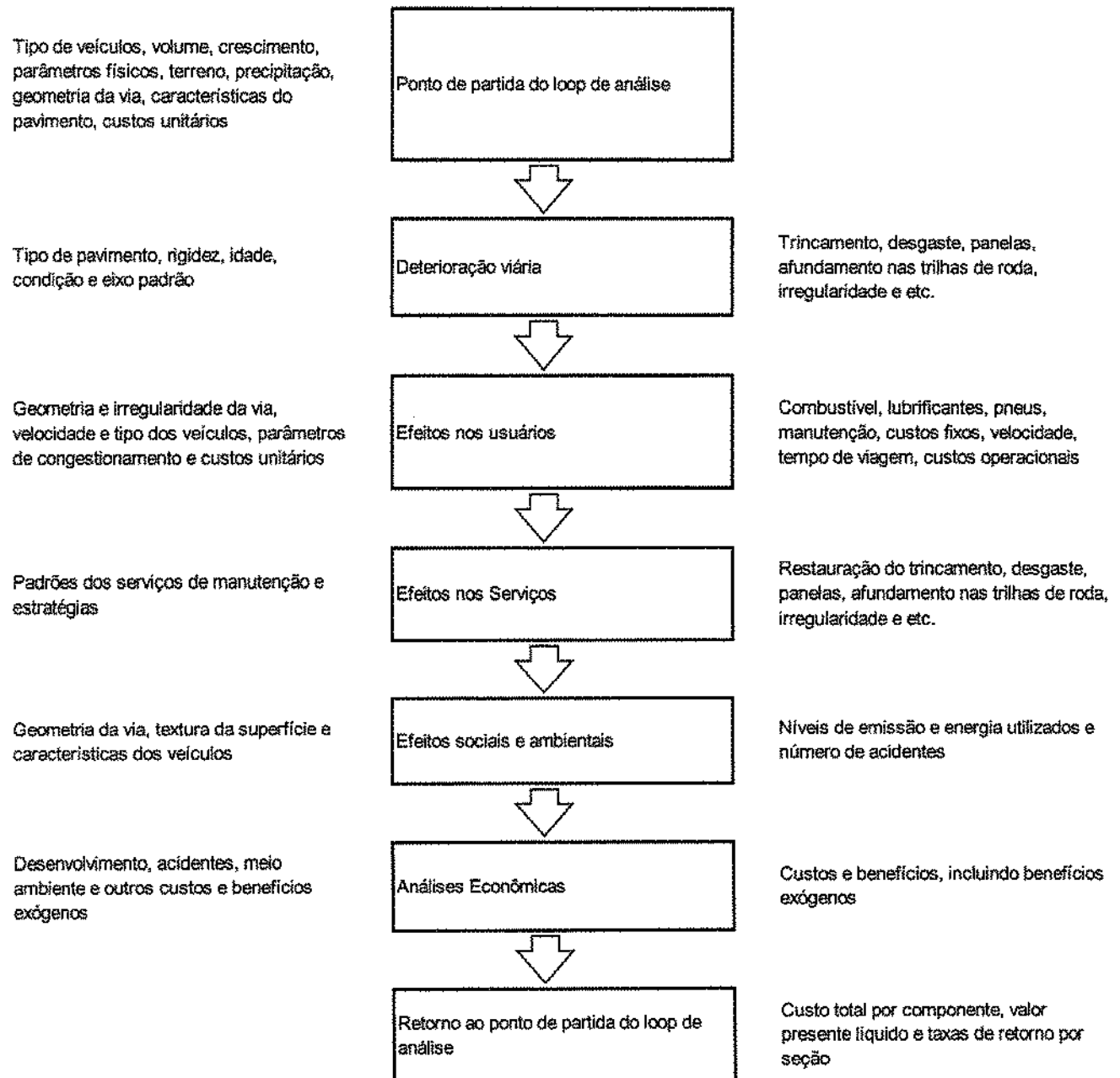
ENTRADAS**MODELO****SAÍDAS**

Figura 6.6: Estrutura do modelo HDM 4.

Fonte: adaptado de BENNETT; PATERSON (06).

Classe da Rodovia	Conforto ao rolamento (IRI em m/km)			
	Bom	Médio	Pobre	Ruim
Primária ou tronco	2	4	6	8
Secundária ou principal	3	5	7	9
Terciária ou local	4	6	8	10

Tabela 6.1: Qualidade ao rolamento x Classe da via.

Fonte: adaptado de WORLD BANK (1999), *apud* JUNG; KALOUSH; WAY (48).

Conforme o exposto por BENNETT; PATERSON (06), no caso dos modelos de deterioração da rodovia, as condições ambientais, as características dos materiais de construção, as práticas e qualidades locais, afetam as taxas de deterioração e a efetividade da manutenção. No entanto, todas elas podem ser controladas através de fatores de calibração a serem alimentados no HDM 4, além dos parâmetros de tráfego e do pavimento.

Nas tabelas 6.2 e 6.3 são apresentados os tipos de material para revestimento e base de pavimento, considerados no HDM4, bem como os tipos de pavimentos compostos por estes materiais.

Tipo de Pavimento	Tipo de camada de Rolamento	Tipo de Base	Descrição do Pavimento
AMGB	AM	GB	Mistura Betuminosa sobre Base Granular
AMAB	AM	AB	Mistura Betuminosa sobre Base Asfáltica
AMSB	AM	SB	Mistura Betuminosa sobre Base Estabilizada
AMAP	AM	AP	Mistura Betuminosa sobre Pavimento Asfáltico
STGB	ST	GB	Tratamento Superficial sobre Base Granular
STAB	ST	AB	Tratamento Superficial sobre Base Asfáltica
STSB	ST	SB	Tratamento Superficial sobre Base Estabilizada
STAP	ST	AP	Tratamento Superficial sobre Pavimento Asfáltico

Tabela 6.2: Tipos de pavimentos betuminosos tratados no HDM4.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

Tipo de Superfície		Materiais de Rolamento	
Abreviação	Descrição	Abreviação	Descrição
AM	Mistura Asfáltica	AC	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
		CM	Pré-Misturado a Frio
		HRA	Asfalto Quente Rolado
		PA	Asfalto Poroso
		PMA	Asfalto Modificado com Polímero
		RAC	Concreto Asfáltico com Borracha
		SMA	Stone Mastic Asphalt
ST	Tratamento Superficial	CAPE	Capa Selante
		DBSD	Tratamento Superficial Duplo
		PMA	Macadame Betuminoso
		SBSD	Tratamento Superficial Simples
		SL	Lama Asfáltica
Tipo de Base		Materiais de Base	
Abreviação	Descrição	Abreviação	Descrição
AB	Base Asfáltica	CRS	Pedra Britada
AP	Pavimento Asfáltico	NG	Cascalho Natural
GB	Base Granular	CS	Estabilizado com Cimento
SB	Base Estabilizada	LS	Estabilizado com Cal
		TNA	Camada Fina de Asfalto
		FDA	Camada Espessa de Asfalto

Tabela 6.3: Descrição dos materiais para base e revestimento de pavimentos.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

O modelo de previsão para irregularidade longitudinal, de pavimentos asfálticos, é formado por vários componentes que contribuem para a evolução da irregularidade, quais sejam: o trincamento superficial, a desintegração, as deformações (incluindo o afundamento ao longo das

trilhas de roda), os fatores ambientais e o surgimento de panelas, sendo que o incremento total na irregularidade é dado pela soma destes componentes.

A seguir serão apresentados os componentes do incremento de irregularidade longitudinal, conforme apresentado em ODOKI; KERALI (59):

- O componente estrutural é função da deformação dos materiais do pavimento causada pelos esforços cisalhantes impostos pelo carregamento do tráfego:

$$\Delta I_s = a_0 \exp (m a K_{gm} AGE^3) (1 + SNPK_b)^{-5} YE^4 \quad (6.3.1)$$

$$SNPK_b = \text{MAX}[(SNP_a - dSNPK); 1,5] \quad (6.3.2)$$

$$dSNPK = K_{snpk} a_1 \{ \text{MIN}[a_2; ACX_a] HSNEW + \text{MAX}[\text{MIN}(ACX_a - PACX; a_3); 0] HSOLD \} \quad (6.3.3)$$

onde:

ΔI_s incremento na irregularidade devido à deterioração estrutural durante o ano de análise (IRI m/km).

$dSNPK$ redução no número estrutural ajustado devido ao trincamento.

$SNPK_b$ número estrutural ajustado devido ao trincamento ao final do ano de análise.

SNP_a número estrutural ajustado no início do ano de análise.

- Cálculo do número estrutural ajustado:

$$SNP_s = SNBASU_s + SNSUBA_s + SNSUBG_s \quad (6.3.4)$$

$$\text{SNBASU}_s = 0,0394 \sum_{i=1}^n a_{is} h_i \quad (6.3.5)$$

$$\begin{aligned} \text{SNSUBA}_s = 0,0394 \sum_{j=1}^m a_{js} \{ & [(b_0 \exp(-b_3 z_j)) / (-b_3) + (b_1 \exp(-(b_2 + b_3) z_j)) / (b_2 + b_3)] - \\ & - [(b_0 \exp(-b_3 z_{j-1})) / (-b_3) + (b_1 \exp(-(b_2 + b_3) z_{j-1})) / (b_2 + b_3)] \} \end{aligned} \quad (6.3.6)$$

$$\begin{aligned} \text{SNSUBG}_s = [(b_0 - b_1 \exp(-b_2 z_m)) \exp(-b_3 z_m)] & [3,51 \log_{10}(\text{CBR}_s) - 0,85 (\log_{10}(\text{CBR}_s))^2 - \\ & - 1,43] \end{aligned} \quad (6.3.7)$$

$$\text{SNP} = f_s \text{SNP}_d \quad (6.3.8)$$

$$f_s = f / [(1 - d) + d (f^p)]^{1/p} \quad (6.3.9)$$

SNP_s número estrutural ajustado para a estação do ano “s”.

SNBASU_s contribuição das camadas de rolamento e de base para a estação do ano “s”.

SNSUBA_s contribuição das camadas de sub-base e reforço de subleito para a estação do ano “s”.

SNSUBG_s contribuição da camada de subleito para a estação do ano “s”.

n número de camadas de rolamento e base ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

a_{is} coeficiente da camada “i” de base ou rolamento para a estação do ano “s” (ver tabela 7.3.4).

h_i espessura da camada “i” de rolamento ou base (mm).

m número de camadas de sub-base e reforço de subleito ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).

z parâmetro de profundidade medido a partir do topo da sub-base (lado de baixo da base), em mm.

z_j profundidade do lado de baixo da camada “j” ($z_0 = 0$), em mm.

CBR_s *California Bearing Ratio* (Índice de Suporte Califórnia) *in situ* do subleito, para a estação do ano “s”.

a_{js} coeficiente da camada “j” de sub-base ou reforço de subleito para a estação do ano “s” (ver tabela 6.4).

Camada	Tipo da Camada	Condição	Coeficiente
Rolamento	ST	Usualmente 0,20	$a_i = 0,20$ a $0,40$
	AM	$h_i < 30$ mm, baixa estabilidade e misturas a frio	$a_i = 0,20$
		$h_i > 30$ mm, MR30 = 1500 Mpa	$a_i = 0,30$
		$h_i > 30$ mm, MR30 = 2500 Mpa	$a_i = 0,40$
		$h_i > 30$ mm, MR30 > 4000 Mpa	$a_i = 0,45$
Base	GB	Default	$a_i = (29,14 \text{ CBR} - 0,1977 \text{ CBR}^2 + 0,00045 \text{ CBR}^3) \cdot 10^{-4}$
		CBR > 70, sub-base cimentada	$a_i = 1,6 (29,14 \text{ CBR} - 0,1977 \text{ CBR}^2 + 0,00045 \text{ CBR}^3) \cdot 10^{-4}$
		CBR < 60, carga máxima por eixo 80 kN	$a_i = 0$
	AB, AP	Graduação densa com alta Rigidez	$a_i = 0,32$
	SB	Cal ou Cimento	$a_i = 0,075 + 0,039 \text{ UCS} - 0,00088 \text{ UCS}^2$
Sub-base		Granular	$a_j = -0,075 + 0,184 (\log_{10} \text{ CBR}) - 0,0444 (\log_{10} \text{ CBR})^2$
		Cimentada, UCS > 0,7 MPa	$a_j = 0,14$

Tabela 6.4: Coeficientes para cálculo do número estrutural.

Fonte: adaptado de WATANATADA (1987) *apud*. ODOKI; KERALI (59).

b_0 1,6

b_1 0,6

b_2 0,008

b_3	0,00207
UCS	resistência à compressão simpls, medida aos 14 dias (MPa).
ST	Tratamento Superficial.
AM	Mistura Asfáltica.
GB	Base Granular.
AB	Base Asfáltica (Macadame Betuminoso).
AP	Pavimento Asfáltico.
SB	Base Estabilizada (Cal ou Cimento).
SNP	número estrutural ajustado anual médio.
SNP_d	número estrutural ajustado da estação seca.
SNP_w	número estrutural ajustado da estação úmida.
d	extensão da estação seca (em fração do ano).
p	expoente específico para o modelo de deterioração em estudo (ver tabela 6.5).
f	SNP_d / SNP_w . Caso não estejam disponíveis estes fatores, o valor de f pode ser estimado através da relação a seguir, apresentada RILEY (1996) <i>apud</i> . ODOKI; KERALI (59).

Defeito	Modelo	p
Trincamento	Início das trincas estruturais	2,0
Trilha de Roda	Densificação inicial	0,5
	Deformação estrutural	1,0
Irregularidade	Componente estrutural	5,0

Tabela 6.5: Expoente “p” para cálculo do número estrutural.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

$$f = k_f \{ 1 - [(1 - \exp(c_0 \text{MMP})) / (c_1)] (1 - c_2 \text{DF}_a) (1 + c_3 \text{ACRA}_a + c_4 \text{APOT}_a) \} \quad (6.3.10)$$

MMP precipitação média mensal (mm/mês).

ACRA_a área total trincada no início do ano em análise (% da área total do segmento).

k_f fator de calibração da razão SNP_d / SNP_w (varia de 0,1 a 10).

DF_a fator de drenagem no início do ano em análise (ver tabela 6.6).

Tipo de Drenagem	Condição Drenante	
	Excelente	Muito ruim
	DF _{min}	DF _{máx}
Linha completa e interligada	1,0	3,0
Linha de superfície	1,0	3,0
Forma de V - robusta	1,0	4,0
Forma de V - leve	1,5	5,0
Rasa - robusta	2,0	5,0
Rasa - leve	2,0	5,0
Drenagem inexistente, mas necessária	3,0	5,0
drenagem inexistente e não necessária	1,0	1,0

Tabela 6.6: Variação sugerida para o fator de drenagem DF_a.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

c_0	-0,01
c_1	10
c_2	0,25
c_3	0,02
c_4	0,05

Segundo PATERSON (1987), *apud* ODOKI; KERALI (59), o trincamento indexado (*indexed cracking*) é uma média ponderada da porcentagem total de área trincada e da porcentagem de área com trincas largas, e é dado por:

$$PACX = 0,62 (PCRA) + 0,39 (PCRW) \text{ ou } ACX_a = 0,62 (ACA) + 0,39 (ACW) \quad (6.3.11)$$

ACX_a	área com trincamento indexado no início do ano de análise (% da área total do segmento).
$PACX$	área com trincamento indexado na camada de rolamento antiga (% da área total do segmento).
$PCRA$	área total trincada antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
$PCRW$	área com trincas largas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
ACA	área total trincada no início do ano em análise (% da área total do segmento).

- ACW área com trincas largas no início do ano em análise (% da área total do segmento).
- HSNEW espessura do recapeamento mais recente (mm).
- HSOLD espessura total das camadas de rolamento inferiores (mm).
- AGE3 idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos).
- YE4 número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão (milhões por faixa).
- ma coeficiente ambiental (ver tabela 6.7).

Classificação quanto à Umidade	Classificação quanto à Temperatura				
	Tropical	Sub-tropical quente	Sub-tropical frio	Temperado frio	Temperado congelante
Árido	0,005	0,010	0,015	0,025	0,040
Semi-árido	0,010	0,015	0,025	0,035	0,060
Semi-úmido	0,020	0,025	0,040	0,060	0,100
Úmido	0,025	0,030	0,060	0,100	0,200
Súper-úmido	0,030	0,040	0,070	-	-

Tabela 6.7: Coeficiente ambiental da irregularidade longitudinal, por faixas climáticas.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

K_{gm} fator de calibração do coeficiente ambiental.

a_0 coeficiente = 134,0.

a_1 coeficiente = 0,0000758.

a_2 coeficiente = 63,0.

a_3 coeficiente = 40,0.

K_{snpk} fator de calibração do SNPK.

- A alteração incremental na irregularidade devido ao trincamento é dada por:

$$\Delta RI_c = a_4 \Delta ACRA \quad (6.3.12)$$

onde:

ΔRI_c incremento na irregularidade devido ao trincamento durante o ano em análise (IRI, em m/km).

$\Delta ACRA$ incremento na área total trincada durante o ano em análise (% da área total do segmento).

a_4 coeficiente = 0,0066.

Em casos em que a superfície do pavimento não apresenta trincas no início do ano em análise, é necessário, para o cálculo do incremento na área trincada, estimar se o trincamento terá ou não início no ano em questão. Segundo ODOKI; KERALI (59), considera-se que o trincamento teve início quando 0,5% da área da superfície do pavimento encontra-se com trincas interligadas.

- Início do trincamento estrutural para bases estabilizadas, em pavimentos com a capa de rolamento original (não recapeados HSOLD = 0):

$$ICA = k_{cia} \{ CDS^2 d_0 \exp [d_1 HSE + d_2 \log_e (CMOD) + d_3 \log_e (DEF) + d_4 (YE4) (DEF)] + CRT \} \quad (6.3.13)$$

- Início do trincamento estrutural para bases estabilizadas, em pavimentos recapeados ou selados, (HSOLD > 0):

$$ICA = k_{cia} \{ CDS^2 [(0,8 KA + 0,2 KW) (1 + 0,1 HSE) + (1 - KA) (1 - KW) d_0 \exp [d_1 HSE + d_2 \log_e (CMOD) + d_3 \log_e (DEF) + d_4 (YE4) (DEF)]] + CRT \} \quad (6.3.14)$$

- Início do trincamento estrutural para outras bases, em pavimentos com a capa de rolamento original (não recapeados, HSOLD = 0):

$$ICA = k_{cia} \{ CDS^2 d_0 \exp [d_1 SNP + d_2 (YE4 / SNP^2)] + CRT \} \quad (6.3.15)$$

- Início do trincamento estrutural para outras bases, em pavimentos recapeados (HSOLD > 0), com camada de rolamento diferente de pré misturado a frio, capa selante ou lama asfáltica:

$$ICA = k_{cia} \{ CDS^2 [\text{MAX} (d_0 \exp [d_1 SNP + d_2 (YE4 / SNP^2)] \times \text{MAX} (1 - PCRW / d_3; 0); d_4 \text{ HSNEW})] + CRT \} \quad (6.3.16)$$

- Início do trincamento estrutural para outras bases, em pavimentos recapeados ou selados (HSOLD > 0), com camada de rolamento em pré misturado a frio, capa selante ou lama asfáltica:

$$ICA = k_{cia} \{ CDS^2 [\text{MAX} (d_0 \exp [d_1 SNP + d_2 (YE4 / SNP^2)] \times \text{MAX} (1 - PCRW / d_3; 0); d_4)] + CRT \} \quad (6.3.17)$$

onde:

ICA tempo para início de trincas estruturais (anos).

CDS indicador de defeitos construtivos em superfícies betuminosas (ver tabela 6.8).

Condição Superficial		CDS
Seca (Quebradiço)	10% inferior ao teor ótimo de asfalto de projeto	0,5
Normal	Teor ótimo de asfalto	1,0
Rica (Macio)	10% superior ao teor ótimo de asfalto de projeto	1,5

Tabela 6.8: Indicador de defeitos construtivos em superfícies betuminosas.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

YE4	número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão AASHTO (milhões por faixa).
SNP	número estrutural ajustado anual médio.
DEF	deflexão medida com viga Benkelman, média das duas trilhas de roda (mm).
CMOD	módulo resiliente do solo cimento (GPa, entre 0 e 30 GPa).
HSNEW	espessura do recapeamento mais recente (mm).
HSOLD	espessura total das camadas de rolamento inferiores (mm).
PCRA	área total trincada antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
PCRW	área com trincas largas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (% da área total do segmento).
KW	$\text{MIN} [0,05 \text{ MAX } (\text{PCRW} - 10; 0); 1]$
KA	$\text{MIN} [0,05 \text{ MAX } (\text{PCRA} - 10; 0); 1]$
HSE	$\text{MIN} [100; \text{HSNEW} + (1 - \text{KW}) \text{HSOLD}]$

k_{cia} fator de calibração para início de trincas estruturais.

CRT tempo de retardamento para o início das trincas estruturais devido à manutenção (anos).

d_i coeficientes para determinação do tempo de início de trincas estruturais (ver tabela 6.9)

Tipo de Pavimento	Material de Rolamento	HSOLD	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4
AMGB	Todos	0	4,21	0,14	-17,1	-	-
	Todos exceto CM	> 0	4,21	0,14	-17,1	30	0,025
	CM	> 0	13,2	0	-20,7	20	1,4
AMAB	Todos	0	4,21	0,14	-17,1	-	-
		> 0	4,21	0,14	-17,1	30	0,025
AMAP	Todos	> 0	4,21	0,14	-17,1	30	0,025
AMSB	Todos	0	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87
		> 0	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87
STGB	Todos	0	13,2	0	-20,7	-	-
	Todos exceto SL, CAPE	> 0	13,2	0	-20,7	20	0,22
	SL, CAPE	> 0	13,2	0	-20,7	20	1,4
STAB	Todos	0	13,2	0	-20,7	-	-
	Todos exceto SL, CAPE	> 0	4,21	0,14	-17,1	20	0,12
	SL, CAPE	> 0	4,21	0,14	-17,1	30	0,025
STAP	Todos	> 0	4,21	0,14	-17,1	20	0,12
STSB	Todos	0	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87
		> 0	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87

Tabela 6.9: Coeficientes para determinação do tempo de início de trincas estruturais.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- Progressão do trincamento estrutural:

$$dACA = k_{cpa} [CRP / CDS] Z_A [(Z_A e_0 e_1 \delta t_A + SCA^{e1})^{1/e1} - SCA] \quad (6.3.18)$$

se $ACA_a > 0$; então $\delta t_A = 1$; se não $\delta t_A = \text{MAX} \{0; \text{MIN} [(AGE2 - ICA); 1]\}$

se $ACA_a \geq 50$; então $Z_A = -1$; se não $Z_A = +1$

$ACA_a = \text{MAX} (ACA_a; 0,5)$

$SCA = \text{MIN} [ACA_a; (100 - ACA_a)]$

$$Y = Z_A e_0 e_1 \delta t_A + SCA^{e_1} \quad (6.3.19)$$

$$\text{Se } Y < 0; \text{ então } dACA = k_{cpa} [CRP / CDS] (100 - ACA_a) \quad (6.3.20)$$

$$\text{Se } Y \geq 0; \text{ então } dACA = k_{cpa} [CRP / CDS] Z_A (Y^{1/e_1} - SCA) \quad (6.3.21)$$

$$\text{Se } ACA_a \leq 50 \text{ e } (ACA_a + dACA) > 50; \text{ então } dACA = k_{cpa} [CRP / CDS] (100 - f_1^{1/e_1} - ACA_a) \quad (6.3.22)$$

$$\text{onde: } f_1 = \text{MAX} \{[2 (50^{e_1}) - SCA^{e_1} - e_0 e_1 \delta t_A]; 0\} \quad (6.3.23)$$

$dACA$ incremento na área de trincas estruturais durante o ano em análise (% da área total do segmento).

δt_A fração do ano em análise em que a progressão das trincas estruturais se aplica.

$AGE2$ idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos).

k_{cpa} fator de calibração para progressão de trincas estruturais.

CRP retardamento da progressão das trincas devido ao tratamento preventivo, dado por: $CRP = 1 - 0,12 \text{ CRT}$.

e_i coeficientes para determinação da progressão de trincas estruturais (ver tabela 6.10)

Tipo de Pavimento	Material de Rolamento	HSOLD	e_0	e_1
AMGB	Todos	0	1,84	0,45
	Todos exceto CM	> 0	1,07	0,28
	CM	> 0	2,41	0,34
AMAB	Todos	0	1,84	0,45
		> 0	1,07	0,28
AMAP	Todos	> 0	1,07	0,28
AMSB	Todos	0	2,13	0,35
		> 0	2,13	0,35
STGB	Todos	0	1,76	0,32
		> 0	2,41	0,34
STAB	Todos	0	1,76	0,32
	Todos exceto SL, CAPE	> 0	2,41	0,34
	SL, CAPE	> 0	1,07	0,28
STAP	Todos	> 0	2,41	0,34
STSB	Todos	0	2,13	0,35
		> 0	2,41	0,34

Tabela 6.10: Coeficientes para determinação da progressão de trincas estruturais.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- Tempo para início do trincamento térmico transversal, em pavimentos com a capa de rolamento original (não recapeados, HSOLD = 0):

$$ICT = k_{eit} \text{ MAX } [g_0; (CDS) (CCT)] \quad (6.3.24)$$

- Tempo para início do trincamento térmico transversal, em pavimentos recapeados ou selados, (HSOLD > 0):

$$ICT = k_{cit} \text{ MAX } [g_0; (CDS) (CCT + g_1 + g_2 \text{ HSNEW})] \quad (6.3.25)$$

- Progressão do trincamento térmico transversal, em pavimentos com a capa de rolamento original (não recapeados, HSOLD = 0):

Se ACTa > 0; então $\delta t_T = 1$; se não $\delta t_T = \text{MAX } \{0; \text{MIN } [(AGE2 - ICT); 1]\}$

$$dNCT = k_{cpt} [1 / CDS] \text{ MAX } \{0; \text{MIN } [(NCT_{eq} - NCT_a); (2 NCT_{eq} (AGE3 - ICT - 0,5) / (T_{eq})^2)]\} \delta t_T \quad (6.3.26)$$

- Progressão do trincamento térmico transversal, em pavimentos recapeados ou selados, (HSOLD > 0):

Se ACTa > 0; então $\delta t_T = 1$; se não $\delta t_T = \text{MAX } \{0; \text{MIN } [(AGE2 - ICT); 1]\}$

$$dNCT = k_{cpt} [1 / CDS] \text{ MIN } \{(NCT_{eq} - NCT_a); \text{MAX } [\text{MIN } (g_0 \text{ PNCT}; (PNCT - NCT_a)); (2 NCT_{eq} (AGE3 - ICT - 0,5) / (T_{eq})^2); 0]\} \delta t_T \quad (6.3.27)$$

- Como admite-se que a trinca térmica transversal atravessa toda a largura da pista, temos:

$$dACT = dNCT / 20 \quad (6.3.28)$$

onde:

ICT tempo para início das trincas térmicas transversais.

dNCT incremento no número de trincas térmicas durante o ano em análise (nº/km).

dACT incremento na área com trincas térmicas durante o ano em análise (% da área total do segmento).

CCT coeficiente para o cálculo do trincamento térmico (ver tabela 6.11).

Parâmetro	Tropical	Sub-tropical quente	Sub-tropical frio	Temperado frio	Temperado congelante
Árido	100	5	100	100	2
Semi-árido	100	8	100	100	2
Semi-úmido	100	100	100	100	1
Úmido	100	100	100	100	1
Súper-úmido	100	100	100	-	-

Tabela 6.11: Coeficientes para determinação do trincamento térmico - CCT.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

PNCT número de trincas térmicas antes do último recapeamento ou selagem de trincas (n°/km).

NCT_{eq} número máximo de trincas térmicas (n°/km) [ver tabela 6.12].

T_{eq} tempo, desde o início, para atingir o número máximo de trincas térmicas [ver tabela 6.12].

Parâmetro	Tropical	Sub-tropical quente	Sub-tropical frio	Temperado frio	Temperado congelante
NCT_{eq}	0	100	0	0	20
T_{eq}	50	7	50	50	7

Tabela 6.12: Número máximo de trincas térmicas e tempo para que ocorra.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

NCT_a número de trincas térmicas no início do ano em análise (n°/km).

k_{cit} fator de calibração para o início de trincas térmicas transversais.

k_{cpt} fator de calibração para progressão de trincas térmicas transversais.

g_i coeficientes para o cálculo das trincas térmicas transversais (ver tabela 6.13)

Tipo de Pavimento	Início			Progressão
	g_0	g_1	g_2	g_0
Todos os tipos de pavimentos exceto STGB e STSB	1,0	-1,0	0,02	0,25
STGB e STSB	100	-1,0	0,02	0,25

Tabela 6.13: Coeficientes para o cálculo das trincas térmicas transversais.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- Área total trincada:

$$ACRA = ACA + ACT \quad (6.3.29)$$

onde:

ACRA área total trincada (% da área total do segmento).

ACA área total com trincas estruturais (% da área total do segmento).

ACT área total com trincas térmicas transversais (% da área total do segmento).

- A alteração incremental na irregularidade, devido ao afundamento nas trilhas de roda, é dada por:

$$\Delta RI_r = a_5 \Delta RDS \quad (6.3.30)$$

$$\Delta RDS = RDS_b - RDS_a \quad (6.3.31)$$

onde:

ΔRI_r incremento na irregularidade, devido ao afundamento nas trilhas de roda durante o ano em análise (IRI m/km).

ΔRDS incremento no desvio padrão na altura da trilha de roda durante o ano em análise (mm).

RDS_b desvio padrão do afundamento na trilha de roda ao final do ano em análise (mm).

RDS_a desvio padrão do afundamento na trilha de roda no início do ano em análise (mm).

a_5 coeficiente = 0,088.

- Tempo para densificação inicial do pavimento:

$$RDO = k_{rid} \{ I_0 [(YE4 \cdot 10^6)^{(1_1 + 1_2 DEF)}] SNP^{1_3} COMP^{1_4} \} \quad (6.3.32)$$

Onde:

RDO afundamento na trilha de roda devido a densificação inicial (mm).

$YE4$ número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão (milhões por faixa).

DEF deflexão média anual medida com viga Benkelman (mm).

SNP número estrutural ajustado.

$COMP$ compactação relativa (%) (ver tabela 6.14).

k_{rid} fator de calibração para a densificação inicial.

- Cálculo da deformação estrutural, se a mesma ocorrer sem trincamento:

$$\Delta RDST_{uc} = k_{rst} (m_0 SNP^{m_1} YE4^{m_2} COMP^{m_3}) \quad (6.3.33)$$

Qualidade da Compactação	Compactação Relativa COMP (%)
Completa em todas as camadas	100
Completa em algumas camadas	95
Razoável na maioria das camadas	90
Pobre na maioria das camadas	85

Tabela 6.14: Compactação relativa (COMP).

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

I_i coeficientes para o cálculo da densificação inicial (ver tabela 6.15)

Tipo de Pavimento	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4
AMGB, AMAB, AMSB, STGB, STAB, STSB	51.740	0,09	0,0384	-0,502	-2,30
AMAP, STAP	0	0	0	0	0

Tabela 6.15: Coeficiente para o cálculo da densificação inicial.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- Cálculo da deformação estrutural, se a mesma ocorrer após trincamento:

$$\Delta RDST_{crk} = k_{rst} (m_0 SNP^{m_1} YE4^{m_2} COMP^{m_3} ACX_a^{m_4}) \quad (6.3.34)$$

- Cálculo da deformação estrutural, se $ACRA = 0$:

$$\Delta RDST = \Delta RDST_{uc} \quad (6.3.35)$$

- Cálculo da deformação estrutural, se $ACRA > 0$:

$$\Delta RDST = \Delta RDST_{uc} + \Delta RDST_{crk} \quad (6.3.36)$$

onde:

$\Delta RDST$ incremento total na deformação estrutural no ano em análise (mm).

$\Delta RDST_{uc}$ incremento do afundamento na trilha de roda, devido à deformação estrutural sem trincamento, no ano em análise (mm).

$\Delta RDST_{crk}$ incremento do afundamento na trilha de roda, devido à deformação estrutural após trincamento, no ano em análise (mm).

MMP precipitação mensal média (mm/mês).

ACX_a área com trincamento indexado no início do ano de análise (% da área total do segmento).

k_{rst} fator de calibração para deformação estrutural.

m_i coeficientes para o cálculo da deformação estrutural (ver tabela 6.16)

Tipo de Pavimento		m_0	m_1	m_2	m_3	m_4
Sem Trincamento	Todos os pavimentos	44.950	-1,14	0,11	-2,30	-
Após Trincamento		0,0000248	-0,84	0,14	1,07	1,11

Tabela 6.16: Coeficiente para o cálculo da deformação estrutural.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- Cálculo da deformação plástica:

$$\Delta RDPD = k_{rpd} CDS^3 n_0 YE4 Sh^{n_1} HS^{n_2} \quad (6.3.37)$$

onde:

- $\Delta RDPD$ incremento na deformação plástica no ano em análise (mm).
- CDS indicador de defeitos construtivos em superfícies betuminosas.
- YE4 número anual de eixos equivalentes ao eixo padrão (milhões por faixa).
- Sh velocidade dos veículos pesados (km/h).
- HS espessura total de camada de rolamento betuminosa (mm).
- k_{rpd} fator de calibração para deformação plástica.
- n_i coeficientes para o cálculo da deformação plástica (ver tabela 6.17)

Tipo de Superfície	n_0	n_1	n_2
AM	2,46	-0,78	0,71
ST	0,00	-0,78	0,71

Tabela 6.17: Coeficiente para o cálculo da deformação plástica.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

- O cálculo da parcela de deformação devido à abrasão, que ocorre em ambientes sujeitos a períodos de congelamento, faz-se desnecessário quando da aplicação destes modelos aos pavimentos paulistas.
- Incremento total no afundamento na trilha de roda:

$$\text{Se } AGE4 \leq 1; \Delta RDM = RDO + \Delta RDPD; \text{ se não: } \Delta RDM = \Delta RDST + \Delta RDPD \quad (6.3.38)$$

onde:

AGE4 idade do pavimento desde a ultima reconstrução (incluindo base) ou nova construção (anos).

ΔRDM incremento total médio do afundamento nas duas trilhas de roda no ano em análise (mm).

RDO afundamento na trilha de roda devido a densificação inicial (mm).

$\Delta RDPD$ incremento na deformação plástica no ano em análise (mm).

$\Delta RDST$ incremento total na deformação estrutural no ano em análise (mm).

- Afundamento total na trilha de roda:

$$RDM_b = \text{MIN} [(RDM_a + \Delta RDM); 100] \quad (6.3.39)$$

onde:

RDM_b afundamento total nas duas trilhas de roda ao término do ano em análise (mm).

RDM_a afundamento total nas duas trilhas de roda no início do ano em análise (mm).

- Desvio padrão do afundamento na trilha de roda:

$$RDS_b = \text{MAX} [0,3; (0,9 - 0,04 RDM_b)] RDM_b \quad (6.3.40)$$

onde:

RDS_b desvio padrão do afundamento na trilha de roda ao término do ano em análise (mm).

RDM_b afundamento médio na trilha de roda ao término do ano em análise (mm).

- A alteração incremental na irregularidade, devido ao aparecimento de panelas no pavimento, depende do número de veículos que realmente atingem estas panelas, o que, por sua vez, é dependente da liberdade de manobra e do volume de tráfego, e é dada por:

$$FM = (\text{MAX}\{\text{MIN}[0,25 (CW - 3); 1]; 0\}) \{\text{MAX}[(1 - AADT / 5000); 0]\} \quad (6.3.41)$$

- caso não sejam realizadas operações tapa-buracos ou esta seja executada imediatamente, temos:

$$\Delta RI_t = a_6 (a_7 - FM) [(NPT_a \times TLF + \Delta NPT \times TLF / 2)^{a_8} - NPT_a^{a_8}] \quad (6.3.42)$$

- em casos intermediários (políticas parciais quanto a operações tapa-buracos), temos:

$$\Delta RI_t = a_6 (a_7 - FM) \times \Delta NPT \times (NPT_a + \Delta NPT / 2)^{a_8} \quad (6.3.43)$$

onde:

FM liberdade de manobra.

CW largura do leito carroçável (m).

$AADT$ volume anual médio de tráfego (veículos/dia).

ΔRI_t incremento na irregularidade devido ao aparecimento de panelas durante o ano em análise (IRI m/km).

ΔNPT	incremento no número de painéis por quilômetro durante o ano em análise.
NPT_a	número de painéis por quilômetro no início do ano em análise.
TLF	fator referente ao intervalo de tempo para o tapa-buracos (ver tabela 7.3.19).
a_6	coeficiente = 0,00019.
a_7	coeficiente = 2,0.
a_8	coeficiente = 1,5.

- Cálculo do número de anos para o aparecimento de painéis após o início das trincas largas:

$$IPT = k_{pi} h_0 [(1 + h_1 HS) / ((1 + h_2 CDB) (1 + h_3 YAX) (1 + h_4 MMP))] \quad (6.3.44)$$

$$ICW = k_{ciw} \text{ MAX}[(i_0 + i_1 ICA); i_2 ICA] \quad (6.3.45)$$

Onde:

ICW	tempo para surgimento das trincas largas (anos).
IPT	tempo entre o surgimento das trincas largas e o início das painéis (anos).
ICA	tempo para o início do trincamento estrutural (anos).
k_{ciw}	fator de calibração para cálculo do tempo para surgimento de trincas largas.
HS	espessura total do material betuminoso de rolamento (mm).

CDB	indicador de defeitos de construção para base do pavimento. Varia de 0,0 (sem defeitos) a 1,5 (soma dos 3 tipos de defeito da tabela 6.18).
YAX	número anual de eixos para todos os tipos de veículos (milhões por faixa).
MMP	precipitação média mensal (mm/mês).
k_{pi}	fator de calibração para cálculo do tempo para surgimento de panelas.

Se $ACW_a = 0$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido às trincas largas, tem início quando $AGE2 > ICW + IPT$ e $ACW_a > 20$.

Se $ARV_a = 0$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido à segregação, tem início quando $AGE2 > IRV + IPT$ e $ARV_a > 30$.

Se $0 < ACW_a \leq 20$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido às trincas largas, tem início quando $ACW_a > 20$.

Se $0 < ARV_a \leq 30$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido à segregação, tem início quando $ARV_a > 30$.

Se $ACW_a > 20$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido às trincas largas, tem início imediato.

Se $ARV_a > 30$ no início do ano em análise, a progressão das panelas, devido à segregação, tem início imediato.

A progressão das panelas devido a dilatação, tem início quando $NPTa > 0$.

Defeitos Construtivos	CDB
Graduação do Material Pobre	0,5
Forma do agregado Pobre	0,5
Compactação Pobre	0,5

Tabela 6.18: Indicador de defeitos de construção para base do pavimento (CDB).

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

Período de tempo entre o surgimento das panelas e o reparo	TLF
Menos de 2 semanas	0,02
1 mês	0,06
2 meses	0,12
3 meses	0,2
4 meses	0,28
6 meses	0,43
12 meses	1,00

Tabela 6.19: Fator referente ao intervalo de tempo para o tapa-buracos.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

Causa do início das panelas	Tipo de Pavimento	h_0	h_1	h_2	h_3	h_4
Trincamento	AMGB, STGB	2,00	0,05	1,00	0,50	0,01
	Todos exceto bases GB	3,00	0,05	1,00	0,50	0,01
Desgaste	AMGB, STGB	2,00	0,05	1,00	0,50	0,01
	Todos exceto bases GB	3,00	0,05	1,00	0,50	0,01

Tabela 6.20: Coeficiente para o cálculo do tempo de início das panelas.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

Causa da progressão das panelas	Tipo de Pavimento	j_0	j_1	j_2	j_3	j_4
Trincamento	AMGB, STGB	1,000	1,00	10	0,005	0,08
	Todos exceto bases GB	0,500	1,00	10	0,005	0,08
Desgaste	AMGB, STGB	0,200	1,00	10	0,005	0,08
	Todos exceto bases GB	0,100	1,00	10	0,005	0,08
Dilatação	AMGB, STGB	0,070	1,00	10	0,005	0,08
	Todos exceto bases GB	0,035	1,00	10	0,005	0,08

Tabela 6.21: Coeficiente para o cálculo da progressão das panelas.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

Tipo de Pavimento	Material de Rolamento	HSOLD	i_0	i_1	i_2
AMGB	Todos	0	2,46	0,93	0,00
	Todos exceto CM	> 0	2,04	0,98	0,00
	CM	> 0	0,70	1,65	0,00
AMAB	Todos	0	2,46	0,93	0,00
		> 0	2,04	0,98	0,00
AMAP	Todos	> 0	2,04	0,98	0,00
AMSB	Todos	0	1,46	0,98	0,00
		> 0	0,00	1,78	0,00
STGB	Todos	0	2,66	0,88	1,16
	Todos exceto SL, CAPE	> 0	1,85	1,00	0,00
	SL, CAPE	> 0	0,70	1,65	0,00
STAB	Todos	0	2,66	0,88	1,16
	Todos exceto SL, CAPE	> 0	1,85	1,00	0,00
	SL, CAPE	> 0	2,04	0,98	0,00
STAP	Todos	> 0	1,85	1,00	0,00
STSB	Todos	0	1,46	0,98	0,00
		> 0	0,00	1,78	0,00

Tabela 6.22: Coeficiente para o cálculo do tempo de início das trincas largas.

Fonte: adaptado de ODOKI; KERALI (59).

h_i coeficientes para o cálculo do tempo de início das panelas (ver tabela 6.20)

i_i coeficientes para o cálculo do tempo de início das trincas largas (ver tabela 6.22)

- Cálculo da progressão das panelas:

$$dNPT_i = k_{pp} j_0 ADIS_i (TLF) \{[(1 + j_1 CDB) (1 + j_2 YAX) (1 + j_3 MMP)] / (1 + j_4 HS)\} \quad (6.3.46)$$

$$dNPT = \sum_{i=1}^3 dNPT_i \quad (6.3.47)$$

onde:

$dNPT_i$ acréscimo no número de panelas por quilômetro, devido ao defeito “i” (trincas largas, segregação ou dilatação), durante o ano em análise.

$ADIS_i$ percentagem de trincas largas, ou percentagem de área com segregação ou número de panelas existentes por quilômetro, no início do ano em análise.

TLF fator referente ao intervalo de tempo para o tapa-buracos (ver tabela 6.19).

$dNPT$ acréscimo no número de panelas por quilômetro, durante o ano em análise.

k_{pp} fator de calibração da progressão de panelas.

j_i coeficientes para o cálculo da progressão das panelas (ver tabela 6.21)

- A alteração incremental na irregularidade, devido aos efeitos ambientais, que incluem as flutuações de temperatura, umidade e movimentação da fundação (como por exemplo afundamentos), e é dada por:

$$\Delta RI_e = ma \times k_{gm} \times RI_a \quad (6.3.48)$$

onde:

ΔRI_e incremento na irregularidade, devido aos efeitos ambientais durante o ano em análise (IRI m/km).

RI_a irregularidade longitudinal no início do ano em análise (IRI m/km).

ma coeficiente ambiental (ver tabela 6.7).

K_{gm} fator de calibração do coeficiente ambiental.

▪ A alteração total na irregularidade do pavimento é dada por:

$$\Delta RI = k_{gp} [\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e \quad (6.3.49)$$

onde:

ΔRI incremento total na irregularidade durante o ano em análise (IRI m/km).

k_{gp} fator de calibração da progressão de irregularidade.

▪ A irregularidade do pavimento, ao final do ano em análise, é dada por:

$$RI_b = \text{MIN}[(RI_a + \Delta RI); a_9] \quad (6.3.50)$$

onde:

RI_b irregularidade do pavimento ao final do ano em análise (IRI m/km).

RI_a irregularidade do pavimento no início do ano em análise (IRI m/km).

a₉ limite superior para a irregularidade do pavimento, especificado pelo usuário.

- A irregularidade média do pavimento para o ano em análise, é dada por:

$$RI_{av} = 0,5 (RI_a + RI_b) \quad (6.3.51)$$

onde:

RI_{av} irregularidade média do pavimento para o ano em análise (IRI m/km).

6.4. MODELO DO DNER - PROCEDIMENTO 159/85

O DNER PRO 159/85 (19) tem como objetivo definir “*os procedimentos a serem seguidos na aplicação do método de projeto de restauração de pavimentos flexíveis e compostos, desenvolvido pelo IPR – Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico.*”

Este procedimento baseia-se na previsão de desempenho dos pavimentos, através de diversos índices, entre os quais a irregularidade longitudinal, de forma a determinar quando e que tipo de intervenção deve ser realizada no pavimento estudado, e qual o resultado esperado. As equações da curva de previsão da irregularidade longitudinal para pavimentos com revestimentos betuminosos, segundo o modelo PRO 159/85 (19), são apresentadas a seguir:

- Número Estrutural Corrigido:

$$SNC = SN + 3,51 \log (CBR) - 0,85 (\log (CBR))^2 - 1,43 \quad (6.4.1)$$

$$SN = \sum a_i H_i \quad (6.4.2)$$

onde:

SNC número estrutural corrigido.

CBR	índice de suporte califórnia do subleito (%).
SN	número estrutural do pavimento.
H_i	espessura da camada “i” do pavimento (cm).
a_i	coeficiente de equivalência estrutural da camada “i” do pavimento (cm^{-1}):

▪ Revestimentos:

$a_1 = 0,04$ para tratamentos superficiais.

$a_1 = 0,07$ para concreto asfáltico com espessura até 3 cm.

$a_1 = 0,181 [1 - \exp (-8,56 \cdot 10^{-4} \text{ MR})]$ para concreto asfáltico com espessura superior a 3cm e módulo de resiliência (MR) medido em MPa. (6.4.3)

▪ Bases Granulares:

$a_2 = (11,47 \text{ CBR}_2 - 0,07783 \text{ CBR}_2^2 + 1,772 \text{ CBR}_2^3 \cdot 10^{-4}) \cdot 10^{-4}$,
onde CBR_2 é o índice de suporte califórnia da base. (6.4.4)

▪ Sub-bases Granulares:

$a_3 = 0,00394 + 0,02559 \log (\text{CBR}_3)$,
onde CBR_3 é o índice de suporte califórnia da sub-base e $a_3 \leq 0,045$. (6.4.5)

▪ Bases Não Granulares:

$a_2 = 0,04$ para solo-cimento.

$a_2 = 0,06$ para macadame betuminoso.

▪ Sub-bases Não Granulares:

$a_3 = 0,04$ para solo-cimento.

$a_3 = 0,06$ para macadame betuminoso.

▪ Reforço do Subleito:

$a_4 = 0,00394 + 0,02559 \log (CBR_4)$,

onde CBR_3 é o índice de suporte califórnia do reforço do subleito. (6.4.6)

▪ Previsão da Irregularidade Longitudinal:

$$QI_{A'} = 12,63 + 0,393 \times A' + 8,66 \times \log (N_{A'}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log N_{A'})^2 + \Delta QI_1 \quad (6.4.7)$$

$$A' = A + A'_E \quad (\text{para } A + A_E > 1,5) \quad (6.4.8)$$

$$A' = 2 / 3 \times (A + A_E) + 0,5 \quad (\text{para } A + A_E \leq 1,5) \quad (6.4.9)$$

$$N_{A'} = N_{p1} / (t (t + 1)^{A_E}) \times [(t + 1)^{A'} - 1] \quad (6.4.10)$$

$$\Delta QI_1 = QI_E - [12,63 + 0,393 \times A'' + 8,66 \times \log (N_{A''}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log N_{A''})^2] \quad (6.4.11)$$

$$A'' = A_E \quad (\text{para } A_E > 1,5) \quad (6.4.12)$$

$$A'' = 2 / 3 \times A_E + 0,5 \quad (\text{para } A_E \leq 1,5) \quad (6.4.13)$$

$$N_{A''} = N_{p1} / (t (t + 1)^{A_E}) \times [(t + 1)^{A''} - 1] \quad (6.4.14)$$

onde:

$QI_{A'}$ irregularidade do pavimento existente no ano A' .

SNC número estrutural corrigido do pavimento existente.

B_E deflexão característica do pavimento existente (mm), $B_E = DEF$.

A' número de anos a partir do início de sua operação.

A'_E idade do pavimento existente, na data da coleta de dados.

A número de anos a partir de A'_E .

N_{p1} número N correspondente ao período de 1 ano, iniciado em A'_E .

QI_E irregularidade do pavimento existente no ano A'_E .

Observa-se que, a irregularidade longitudinal, é função da deformação recuperável (deflexão), do tráfego solicitante (Número N) e da estrutura do pavimento (SNC).

Através dos parâmetros acima listados e do último levantamento de irregularidade longitudinal, pode-se estimar quantos anos serão necessários para que seja atingida a condição limite (irregularidade máxima) e, conseqüentemente, quando será necessária a execução de intervenções de manutenção no pavimento, objetivando retornar à condição de conforto ao rolamento a níveis inferiores ao máximo permitido.

De modo a corroborar a importância e acuracidade do modelo de previsão de irregularidade longitudinal do DNER, FABRÍCIO *et al.* (33) utilizaram as equações relativas ao PRO 159/85, para o estudo de dois trechos de pavimentos com revestimento de concreto betuminoso.

O primeiro segmento pertence a BR 101/SC, entre Florianópolis e a divisa SC/RS, restaurado em 1985. Os dados medidos em 1985 foram projetados, através do modelo constante da PRO 159/85, para o ano de 1996, resultando em um QI médio de 23,7 cont/km, muito próximo do QI efetivamente medido no ano de 1996, de 24,1 cont/km.

O segundo segmento estudado localiza-se na rodovia BR 070/MT, entre Cuiabá e Cáceres, construído em 1976/1978, data do levantamento inicial de irregularidade longitudinal, que foi utilizado como dado de entrada para o modelo da PRO 159/85, de modo que fosse obtida a projeção relativa ao ano de 2001, valor este que foi comparado com o levantamento efetivamente realizado em 2001, possibilitando a constatação de que, em 70% dos trechos homogêneos, os valores medidos eram da mesma ordem de grandeza que os previstos.

6.5. MODELO MECANÍSTICO DESENVOLVIDO POR SALEH, MAMLOUK E OWUSU-ANTWI

Os modelos mecanísticos para projetos de pavimentos vêm ganhando espaço, ano após ano, no Brasil, posto que se utilizam de cálculos matemáticos complexos, como por exemplo o Método dos Elementos Finitos, para simular o estado de tensão *versus* deformação a que o pavimento é submetido, quando da atuação dos esforços solicitantes impostos pelo tráfego.

De posse da estimativa de tensões, deformações e deslocamentos a que os pavimentos estarão sujeitos, são utilizados critérios de ruptura para determinar qual o número de repetição das solicitações de tráfego (eixos equivalentes, por exemplo) que cada material componente, de cada camada do pavimento, conseguirá suportar.

SALEH; MAMLOUK; OWUSU-ANTWI (64) desenvolveram um modelo de previsão de irregularidade longitudinal para pavimentos flexíveis, que estima a evolução da irregularidade em função da irregularidade inicial, da espessura do pavimento, do carregamento estático por eixo e do número de repetições do mesmo ao longo do tempo. O modelo considera o comportamento

visco-elasto-plástico do concreto asfáltico, e a plasticidade e a não linearidade dos materiais granulares e do subleito.

Segundo os autores, o modelo se baseia no fato da irregularidade do pavimento alterar a magnitude das forças dinâmicas que os veículos aplicam no pavimento e, conseqüentemente, estas forças dinâmicas irão alterar, com o passar do tempo, a irregularidade do pavimento.

Tendo em vista o crescente uso da verificação mecanística para projetos de pavimento, ainda que o modelo de SALEH; MAMLOUK; OWUSU-ANTWI não seja largamente utilizado no Brasil, propõe-se, nesta dissertação, o estudo deste modelo, de previsão de desempenho funcional de pavimentos, de modo a obter a comparação entre os resultados fornecidos por este modelo e os resultados fornecidos pelos outros três modelos em estudo e, assim, propor ajustes em função dos resultados obtidos em campo nos segmentos estudados.

O modelo desenvolvido por SALEH; MAMLOUK; OWUSU-ANTWI (64) consiste na equação descrita a seguir:

$$\begin{aligned} \text{IRI} = & -1,415 + 2,923 (\text{IRI}_0)^{1/2} + 0,00129 (\text{N})^{1/2} + 0,000113 \text{ T} - 5,485 \cdot 10^{-10} \text{ P}^4 - 10^{-5} \text{ T} (\text{N})^{1/2} + \\ & + 5,777 \cdot 10^{-12} \text{ P}^4 (\text{N})^{1/2} \end{aligned} \quad (6.5.01)$$

onde:

IRI = Irregularidade longitudinal após N repetições do eixo P (m/km).

N = Número de repetições do eixo considerado.

P = Carga por eixo (kN).

T = Espessura da camada de concreto asfáltico (mm).

IRI₀ = Valor inicial de irregularidade longitudinal (m/km).

Destaca-se ainda o fato de SALEH; MAMLOUK; OWUSU-ANTWI (64), terem concluído que, quando o pavimento apresenta baixa, irregularidade inicial, a taxa de crescimento da irregularidade com a repetição de carregamentos é baixa devido ao pequeno efeito dinâmico ocasionado nos veículos. Entretanto, quando trata-se de um pavimento com alta irregularidade inicial, a irregularidade desenvolve-se rapidamente, devido à grande interação entre os veículos e o pavimento e, conseqüentemente, aos grandes esforços dinâmicos indesejáveis que são impostos aos veículos.

6.6. EXEMPLO NUMÉRICO E ESTUDO DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS DE ENTRADA DOS MODELOS

A tabela 6.23 apresenta a aplicação dos quatro modelos a um segmento de análise, com o objetivo de exemplificar o cálculo destes modelos. São apresentados todos os dados necessários à utilização de cada um dos quatro modelos, tanto os dados de entrada quanto os parâmetros intermediários de cálculo e os resultados obtidos, seguindo a nomenclatura particular de cada modelo.

Destaca-se ainda que o Apêndice apresenta, para todos os segmentos de 1 quilômetro de extensão estudados, os dados constantes da tabela 6.23.

Os quatro modelos aplicados neste estudo foram estudados quanto à sensibilidade dos parâmetros de entrada de modo a quantificar “peso” de cada variável no resultado final.

O conhecimento da influência que cada parâmetro de entrada do modelo tem em relação ao resultado final é de extrema importância para a escolha das variáveis que precisam ser levantadas com maior ou menor acuracidade e intensidade, ou seja, no caso de não existir a possibilidade de obtenção de todas as variáveis de entrada dos modelos, o estudo de sensibilidade nos permite conhecer quais as variáveis que devem ser objeto de levantamento cuidadoso e quais variáveis podem ser estimadas, sem que o resultado final do modelo seja comprometido.

DADOS DE ENTRADA

QI 1998	18,5
t	1,0%
P	62
a1	0,4
h1	60
a2	0
h2	0
a3	0
h3	0
a4	0,15
h4	150
a5	0
h5	0
a6	0
z6	0
a7	0
z7	0
a8	0
z8	0
a9	0,1
z9	300
CBR _s	21
UCS	2,0
d	0,67
p	5
MMP	0,1284
APOT _a	0
DF _a	2
PCRA	0
PCRW	0
ACA _b	45,0
ACW _b	5,0
HSNEW	0
HSOLD	0
AGE3	15
YE4	0,59
m	0,03
OBS 1	SIM
OBS 2	NÃO
d ₀	1,12
d ₁	0,035
d ₂	0,371
d ₃	-0,418
d ₄	-2,87
CDS	1
OBS 4	0,49
CMOD	5
CRT	0
e ₀	2,13

DADOS DE ENTRADA

e ₁	0,35
AGE2	15
k _{cra}	1
CCT	100
PNCT	0
NCT _{eq}	100
T _{esq}	7
NCT _a	0
g ₀	0,25
g ₀	1
g ₁	-1
g ₂	0,02
ACT _a	0
RDS _a	1,3
COMP	95
I ₀	51740
I ₁	0,09
I ₂	0,0384
I ₃	-0,502
I ₄	-2,3
m ₀	2,5E-05
m ₁	-0,84
m ₂	0,14
m ₃	1,07
m ₄	1,11
Sh	80
n ₀	2,46
n ₁	-0,78
n ₂	0,71
AGE4	15
RDM _a	1,5
CW	7
AADT	4596
OBS 3	SIM
NPT _a	0
TLF	0,02
CDB	1
YAX	1,58
h ₀	3
h ₁	0,5
h ₂	1
h ₃	0,5
h ₄	0,05
i ₀	1,46
i ₁	0,98
i ₂	0
ADIS _s	0
j ₀	0,5
j ₀₁	1
j ₀₂	10

COEFICIENTES

Rl _a	1,42
r _m	0,03
k _{qm}	1
HS	60
a ₀	134
a ₁	7,6E-05
a ₂	63
a ₃	40
a ₄	6,6E-03
a ₅	0,088
a ₆	1,9E-04
a ₇	2,0
a ₈	1,5
b ₀	1,6
b ₁	0,6
b ₂	0,008
b ₃	2,1E-03
c ₀	-0,01
c ₁	10
c ₂	0,25
c ₃	0,02
c ₄	0,05

MODELO PRO 158/85

SNC	4,46
A'	20
NA'	2,2E+06
A''	15
NA''	1,6E+06
Qle	18,5
DQI1	-18,6
QIA'	21,0

Mecanist.

IRI ₀	1,42
T	60
IRI	2,06
QI	26,7

MODELO HDM III

AGE3	15
SNPK _s	5,13
YE4	0,59
ΔCRX _a	13,0
CRA _t	61,3
CRW _d	12,5
ΔAPOT _a	0
Qi _a	18,5
SNP _s	5,13
dSNPK	0
CRX' _a	29,85
HSNEW	0
ECR	29,85
HSOLD	0
CRX _a	29,85
PCRX	0
PACX	0
ΔQI	4,3
Qi _b	22,8

MODELO HDM 4

z	300
DRIs	0,35
dSNPK	0,00
SNPK _b	2,24
SNP _s	2,24
SNP _a	2,24
SNBASU _s	1,83
SNSUBA _s	-1,03
SNSUBG _s	1,43
SNPd	2,24
f _s	1,00
f	1,00
ACRA _a	45,00
ACX _a	29,85
PACX	0,00
DRI _c	0,14
DACRA	20,93
ICA	1,21
KW	0,00
KA	0,00
HSE	0,00
dACA1	20,9
dACA2	20,93
dACA3	23,93
dt _A	1,00
Z _A	-1,00
SCA	45,00
Y	3,04
f ₁	3,33
CRP	1,00

MODELO 4

ICT	100
dNCT	0,00
dACT	0,00
dt ₁	0,00
ACRA _b	65,93
ACA _b	65,93
ACT _b	0,00
DRI _i	0,05
DRDS	0,61
RDS _b	1,96
RDO	4,14
DRDST	0,07
DRDST _{uc}	0,00
DRDST _{crk}	0,07
DRDPD	0,87
DRDM	0,94
RDM _b	2,44
FM	0,08
DRI _i	0,00
dNPT	0,29
ICW	2,65
IPT	25,81
dNPT _g	0,29
dNPT _s	0,00
dNPT _d	0,00
ADIS _i	5,00
ADIS _d	0,00
DRI _e	0,04
DRI	0,58
RI _b	26,1
RI _{av}	1,72

RESULTADOS

QI 2003	PRO 158/85	21,0
	HDM III	22,8
	HDM 4	26,1
	Mecanístico	26,7

OBS:

1	Pavimento com base estabilizada?
2	Pavimento com PMF, Capa Selante ou Lama?
3	Campanha Tapa-buraco imediata ou inexistente?
4	DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS (mm)

Tabela 6.23: Aplicação dos modelos para 1 segmento de análise – exemplo numérico.

Para este estudo de sensibilidade foram selecionados os principais parâmetros de entrada de cada modelo. Foi criado um segmento de análise cujos principais dados de entrada foram adotados

iguais à média destas grandezas nos 98 segmentos estudados, de modo a obter valores coerentes com a faixa de variação destes parâmetros nos sub-trechos estudados.

Para os 17 parâmetros de entrada foram feitas 68 análises (4 para cada um) de forma que, em cada análise, um determinado parâmetro foi multiplicado por um dos seguintes fatores: 0,50; 0,75; 1,5 e 2,0.

O objetivo desta análise de sensibilidade foi comparar a variação do parâmetro de entrada analisado com a variação no resultado final de cada modelo. Por exemplo, quando determinado dado de entrada tem seu valor reduzido à metade (multiplicado pelo fator 0,50), quanto varia o resultado final do modelo (irregularidade longitudinal estimada) ?

As tabelas 6.24 e 6.25 apresentam os parâmetros de entrada estudados, o fator de multiplicação do parâmetro em cada análise e o fator que compara o resultado final do modelo com a situação denominada Análise 0, na qual os parâmetros de entrada foram considerados iguais às médias dos segmentos estudados neste trabalho, ou seja, foram adotados fatores de multiplicação igual a 1,0 para todos os parâmetros de entrada.

Observa-se nas tabelas acima referidas, que para os quatro modelos o parâmetro de irregularidade longitudinal inicial do pavimento é que tem maior impacto no resultado final dos modelos, ou seja é a grandeza de entrada mais importante e portanto a que deve ser levantada de forma mais cuidadosa e com maior periodicidade e controle de qualidade.

Para o modelo do DNER PRO 159/85, após a irregularidade inicial do pavimento as grandezas que apresentam maior impacto no resultado final do modelo são a deflexão recuperável e o número estrutural corrigido, ainda que estes dois parâmetros apresentem muito pouca influência no resultado final. Já as demais grandezas de entrada do modelo, quais sejam: o CBR do subleito, a espessura de camada de rolamento betuminosa e o tráfego solicitante (número N) apresentam influência quase nula no resultado final do modelo.

Parâmetros →	FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA								FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DA PREVISÃO DE QI			
	número estrutural ajustado no início do ano de análise (HDM 4)	número estrutural ajustado no início do ano de análise (HDM 3)	número estrutural ajustado no início do ano de análise (PRO 159)	California Bearing Ratio (índice de Suporte California) in situ 50 subleito	espessura total de camada de pavimento betuminosa (mm)	módulo resiliente do solo cimento (GPa, entre 0 e 30 GPa)	idade do pavimento desde a última reabilitação, reconstrução ou nova construção (anos)	número de eixos equivalentes ao eixo padrão para o período (milhões por faixa) AASHTO 5 área	PRO 159/85	HDM III	HDM 4	Mecanístico
	SNP _{HDM4}	SNP _{HDM3}	SNC ₁₅₉	CBR	HS	CMOD	AGE2	YE4				
Análise 00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Análise 01	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,02	
Análise 02	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,27	
Análise 03	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			0,87	
Análise 04	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			0,85	
Análise 05	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,12		
Análise 06	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,02		
Análise 07	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99		
Análise 08	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99		
Análise 09	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01			
Análise 10	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
Análise 11	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
Análise 12	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99			
Análise 13	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,16	
Análise 14	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	
Análise 15	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	
Análise 16	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	
Análise 17	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,28	1,00
Análise 18	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00
Análise 19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	0,92	1,00
Análise 20	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	0,89	1,00
Análise 21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00			1,00	
Análise 22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00			1,00	
Análise 23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00			1,00	
Análise 24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00			1,00	
Análise 25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00			1,00	
Análise 26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00			1,00	
Análise 27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00			1,00	
Análise 28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00			1,00	
Análise 29	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,96	0,90	1,00
Análise 30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,99	0,95	1,00
Análise 31	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,02	1,10	1,00
Análise 32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,05	1,20	1,00

Tabela 6.24: Estudo de sensibilidade dos parâmetros de entrada dos modelos – parte 1.

Parâmetros →	FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA									FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DA PREVISÃO DE QI			
	Carga por eixo (kN)	velocidade das veículos pesados (km/h)	deflexão medida com viga Benkelman, média das duas rodas da roda (mm)	área total vinculada no início do ano em análise (% da área total do segmento)	área com trinças largas no início do ano em análise (% da área total do segmento)	atufamento total nas duas rodas da roda no início do ano em análise (mm)	desvio padrão do atufamento na faixa de roda no início do ano em análise (mm)	precipitação média mensal (mm/mês)	irregularidade longitudinal no início do ano em análise (QI coeficiente)	PRO 159/85	HDM III	HDM 4	Mecanístico
	P	Sh	DEF	ACA _a	ACW _a	RDM _a	RDS _a	MMP	QIe				
Análise 33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				1,01
Análise 34	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				1,01
Análise 35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				0,95
Análise 36	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				0,81
Análise 37	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,03	1,03	
Análise 38	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,01	1,01	
Análise 39	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99	0,99	
Análise 40	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,98	0,98	
Análise 41	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99		1,00	
Análise 42	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99		1,00	
Análise 43	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02		1,00	
Análise 44	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04		1,00	
Análise 45	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99	0,98	
Análise 46	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99	0,99	
Análise 47	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,01	1,02	
Análise 48	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,02	1,03	
Análise 49	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	
Análise 50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	
Análise 51	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	
Análise 52	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	
Análise 53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00		1,01	0,97	
Análise 54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00		1,00	0,99	
Análise 55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00		0,99	1,03	
Análise 56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00		0,99	1,05	
Análise 57	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00			1,02	
Análise 58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00			1,01	
Análise 59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00			0,98	
Análise 60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00			0,96	
Análise 61	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00		1,00	1,00	
Análise 62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00		1,00	1,00	
Análise 63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00		1,00	1,00	
Análise 64	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00		1,01	1,00	
Análise 65	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,56	0,55	0,64	0,49
Análise 66	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,78	0,77	0,82	0,77
Análise 67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,44	1,45	1,36	1,39
Análise 68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,87	1,91	1,71	1,72

Tabela 6.25: Estudo de sensibilidade dos parâmetros de entrada dos modelos – parte 2.

Para o modelo de desempenho do HDM III, observa-se que após a irregularidade inicial do pavimento, tem-se o número estrutural ajustado e o tráfego solicitante (número N) apontados

como os parâmetros de maior influência no resultado final. Na sequência, em ordem decrescente de influência no resultado final, aparece a velocidade dos veículos pesados, a área inicialmente trincada, o afundamento nas trilhas de roda, a espessura total da camada betuminosa, o CBR do subleito, a precipitação média mensal e, com influência praticamente nula no resultado final do modelo, a área com trincas largas no início do período de análise.

Para o modelo de desempenho do HDM 4, após a irregularidade inicial do pavimento, o número estrutural ajustado é o parâmetro de maior influência no resultado final do modelo. Na sequência, em ordem decrescente de influência no resultado final, aparece a espessura total da camada betuminosa, o tráfego solicitante (número N), o CBR do subleito, o afundamento total nas trilhas de roda, o desvio padrão do afundamento nas trilhas de roda, a área trincada no início do ano em análise e a velocidade dos veículos pesados. As demais grandezas: módulo resiliente do solo cimento, idade do pavimento desde a última restauração ou construção, deflexão recuperável, área com trincas largas no início do período de análise e a precipitação média mensal apresentam influência praticamente nula no resultado final do modelo.

O modelo mecanístico desenvolvido por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI, apresenta apenas 2 parâmetros de entrada com grande influência no resultado final do modelo, em primeiro lugar a irregularidade longitudinal inicial e em segundo lugar, a carga por eixo dos veículos pesados. Os parâmetros de entrada relativos ao número N e à espessura total da camada betuminosa de rolamento, apresentam influência quase nula no resultado final do modelo.

Em relação a esta análise de sensibilidade, urge destacar que os resultados finais obtidos pelos modelos de previsão de desempenho de irregularidade longitudinal do pavimento do DNER PRO 159/85, do HDM III e o modelo mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI são extremamente dependentes do valor da irregularidade longitudinal medida no início do período de análise, posto que os demais dados de entrada dos modelos representam pouca influência no resultado final.

Já o modelo do HDM 4, apresenta resultado final muito influenciado tanto pela irregularidade inicial dos pavimentos quanto pelo número estrutural ajustado, mas também influenciam, de

maneira razoável, este resultado final, as grandezas espessura total da camada betuminosa, tráfego solicitante (número N) e CBR do subleito.

6.7. IMPORTÂNCIA DA CALIBRAÇÃO DOS MODELOS EXISTENTES

Com a crescente conscientização de que é de suma importância ajustar qualquer tipo de modelo às condições às quais o mesmo será aplicado, vários autores vem publicando pesquisas referentes à calibração de modelos de previsão de desempenho, conforme pôde ser visto nos capítulos anteriores.

A importância destes ajustes também é tratada por BENNETT; PATERSON (06), que afirmam que a confiabilidade na aplicação do modelo depende, tanto da correta interpretação dos requisitos relativos aos dados de entrada e de sua qualidade, quanto do ajuste dos parâmetros do modelo, destacando que, visto que os modelos simulam futuras modificações no sistema viário em relação às condições correntes, a confiabilidade nos resultados depende de duas considerações primárias:

- a adequação dos dados de entrada do modelo em relação à realidade das condições encontradas em campo;
- o quão bem as previsões do modelo se ajustam no comportamento real dos pavimentos.

Para BENNETT; PATERSON (06), o grau de calibração do HDM segundo as condições locais é variável, dependendo do tipo de aplicação e dos recursos disponíveis ao usuário, para que o mesmo possa implementar a calibração; o quão bem as previsões dos modelos irão refletir a realidade depende de uma combinação de três fatores: da validade das relações básicas ou padrões, do modelo, da acuracidade e da adequação dos dados de entrada, e dos fatores de calibração utilizados.

Considerando que é indispensável para a correta utilização dos sistemas de gerência de pavimentos, a calibração dos modelos de previsão de desempenho, e que esta tarefa pode ser alcançada sem grandes investimentos, JUSI; MÄNNISTÖ (49), baseados em sua experiência de

aplicar o HDM 4 a rodovias do nordeste russo, afirmam que uma calibração, mesmo que mínima, para o modelo utilizado, pode ser conseguida em qualquer lugar; entretanto, a calibração propriamente dita, necessita de mais tempo e de certos dados históricos do trecho em estudo.

Obviamente que, em casos cujos recursos disponíveis para o ajuste dos modelos sejam restritos ou escassos, é importante que os técnicos responsáveis pela calibração dos modelos estejam atentos à sensibilidade de cada parâmetro, para que seja dada, de maneira apropriada, mais ênfase aos parâmetros mais importantes e menos ênfase aos efeitos de segunda e terceira ordens.

Dessa forma, as previsões efetuadas pelos modelos, para a malha em estudo e para segmentos de características similares, estarão mais próximas da realidade, aumentando os benefícios advindos da utilização destes modelos como parte integrante de sistemas de gerência de pavimentos, resultando em ganhos, tanto para os órgãos gestores da rodovia, quanto para os usuários e a sociedade em geral, que contará com rodovias melhor conservadas e a menores custos, posto que os métodos de previsão de desempenho ajustados apresentarão maior acurácia quanto à escolha e à programação das atividades de manutenção.

7. CARACTERIZAÇÃO DA MALHA RODOVIÁRIA ESTUDADA

7.1. DESCRIÇÃO DA MALHA

A malha rodoviária existente no estado de São Paulo, possui cerca de 26.400 km de rodovias pavimentadas, sendo 1.150 km de rodovias federais e 12.200 km de rodovias estaduais, dentre as quais 3.500 km encontram-se sob a administração da iniciativa privada, através das doze concessionárias de rodovias paulistas.

As porções da malha viária paulista, sob concessão da iniciativa privada, constituem-se ideais para o estudo aqui proposto, posto que, além da ampla diversidade de estruturas de pavimento, relevo e tráfego, apresentam diversos levantamentos de índices de pavimento necessários à alimentação dos modelos de desempenho a serem estudados, que não se encontram disponíveis nas rodovias sob gestão pública.

Ligando a região metropolitana de Campinas/SP - importante centro industrial, com população superior a 1 milhão de habitantes, localizada a menos de 100 km da capital do estado e onde situa-se a UNICAMP - ao nordeste do estado de São Paulo e ao sul do estado de Minas Gerais, encontra-se um importante corredor viário, entrecortado por diversas ligações viárias de menor porte mas de igual importância, sob administração da empresa RENOVIAS CONCESSIONÁRIA S/A. Inclui as rodovias SP 340, SP 342, SP 344, SP 350 e SP 215, que fazem a ligação entre as cidades de Campinas, Jaguariúna, Mogi Guaçu, Aguaí, São João da Boa Vista, Águas da Prata, Vargem Grande do Sul, Casa Branca, Mococa, São José do Rio Pardo e outras (Figura 7.1).

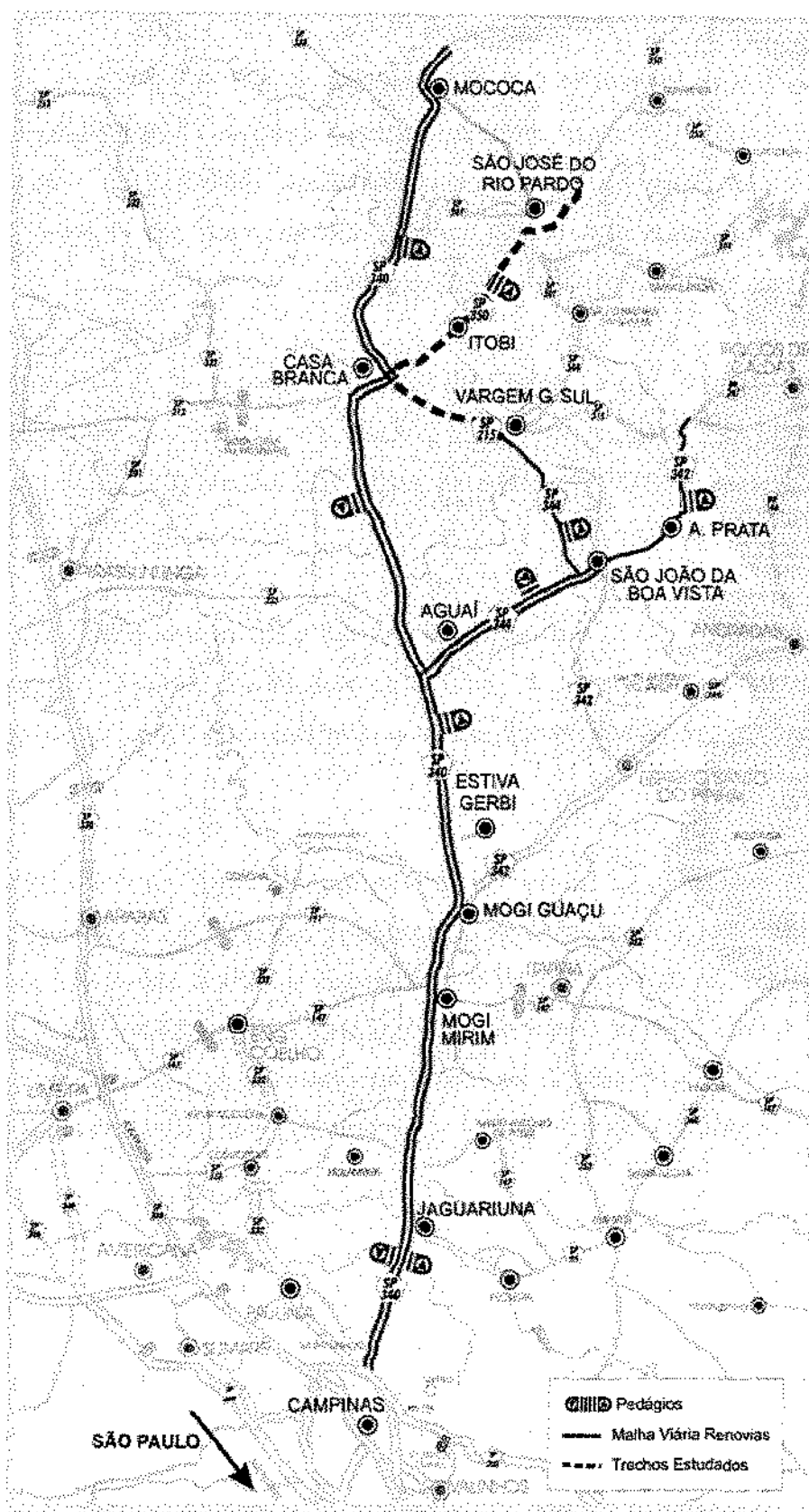


Figura 7.1: Malha viária sob concessão da Renovias e trechos estudados.

As rodovias, sob concessão da RENOVIAS, apresentam grande diversidade de estruturas de pavimento, tanto flexíveis quanto compostos e invertidos, de magnitude de tráfego solicitante, de relevo e de número de faixas de rolamento, com rodovias em pista simples e em pista dupla, permitindo o estudo de ajuste dos modelos de desempenho funcionais para as diversas condições expostas anteriormente e detalhadas nas próximas páginas.

Além disso, como uma das obrigações das concessionárias de rodovias do estado de São Paulo, a RENOVIAS deverá implantar um sistema de gerência de pavimentos e, para tanto, está em estágio inicial de construção do seu banco de dados, o que facilitou a aquisição dos dados solicitados.

Foram solicitados e utilizados dados referentes a segmentos com diferentes características estruturais e de tráfego, de modo a obtê-los de maneira completa e suficiente para o preenchimento das necessidades de entrada dos quatro modelos de desempenho, apresentados nos capítulos anteriores.

Estes dados são compostos, entre outros, de medidas de irregularidade longitudinal dos pavimentos, obtidas através da utilização de equipamentos tipo-resposta, devidamente calibrados e contratados junto a empresas especializadas neste tipo de serviço, executados no ano de 1.998, de forma a serem utilizadas como dados de entrada para os modelos de previsão (irregularidade inicial dos pavimentos) e as irregularidades levantadas no ano de 2.003, de modo a resultarem em valores a serem comparados com a previsão dos modelos de desempenho, quando aplicados aos dados de 1.998.

7.2. TRÁFEGO

A malha, concessionada a RENOVIAS, pode ser definida como heterogênea em relação aos volumes de tráfego em suas diversas seções, posto que apresenta volumes de tráfego intenso próximo a grandes e médios centros urbanos como Campinas e Mogi Guaçu, com volumes de

tráfego diário médio (VDM) da ordem de 60.000 veículos, e baixos volumes de tráfego, da ordem de 4.000 veículos por dia, em trechos de ligação entre cidades pequenas.

O número de solicitações do eixo padrão de 8,12 tf, na faixa de tráfego mais solicitada da seção de pavimento, varia de $1,68 \times 10^5$ a $2,98 \times 10^6$ (para período de 1 ano e critério de cálculo da AASHTO), e de $3,82 \times 10^5$ a $6,65 \times 10^6$ (para período de 1 ano e critério de cálculo USACE - DNER), se considerados o maior e o menor número N em todos os segmentos desta malha concessionada, abrangendo ainda uma ampla gama de valores intermediários.

7.3. ESTRUTURA DO PAVIMENTO

Dentre as estruturas de pavimento integrantes da malha em questão, observa-se, em todos os casos, que a camada de rolamento é composta de CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente, entretanto, são encontrados diversos tipos de base, quer sejam betuminosas (macadame), granulares (BGS - brita graduada simples, solo-brita e macadame hidráulico) ou estabilizadas quimicamente (BGTC - brita graduada com cimento e SC - solo cimento), em estruturas de pavimento compostos e invertidos.

O número estrutural calculado, com base na metodologia do PRO 159/85 do DNER (19), para toda a malha viária sob Concessão da Renovias, variou de 3,6 a 6,4, o que demonstra a ampla gama de tipos de pavimentos abrangidos.

7.4. SELEÇÃO DOS TRECHOS ESTUDADOS

Dentre as rodovias paulistas, como é de se esperar, os grandes corredores de tráfego compostos de pistas duplicadas e grandes estruturas de pavimento, receberam, ao longo do tempo, mais atenção dos órgãos gestores, posto que é através deles que é feito o escoamento da produção agrícola e industrial do estado, além de atenderem ao deslocamento dos passageiros que residem no interior mas exercem suas atividades profissionais nos grandes centros urbanos, atendidos por estes grandes troncos viários.

Urge destacar que os principais corredores viários do estado receberam grande atenção e recursos dos órgãos gestores por ocasião de sua construção, bem como continuam sendo privilegiados quanto aos recursos disponíveis para as obras de ampliação e manutenção, em detrimento das vias de menor porte, inclusive no que diz respeito a estudos, projetos de dimensionamento e avaliações de desempenho.

Não há nada de errado em privilegiar os grandes troncos viários em relação à disponibilidade de recursos, posto que estão expostos a solicitações de tráfego muito mais intensas que as rodovias de menor porte, demandando intervenções de manutenção mais caras e mais freqüentes.

Entretanto, as rodovias de menor porte, que são a maioria no estado de São Paulo, são as responsáveis por levar a produção agrícola e industrial até as rodovias de grande porte, sendo portanto, da mesma forma influentes no custo de transporte destas mercadorias, carecem de maior atenção por parte dos pesquisadores e dos técnicos rodoviários.

Isso posto, este estudo procurou identificar importantes segmentos em pista simples, da malha concessionada, representativos da malha rodoviária paulista, de modo a estudá-los quanto à adequação dos modelos funcionais de desempenho.

Para o estudo da adequação dos modelos de desempenho de irregularidade longitudinal – estudados neste trabalho, foram selecionados noventa e oito segmentos de um quilômetro de extensão, localizados em rodovias de pista simples, abrangendo pavimentos flexíveis e compostos, com números estruturais (de acordo com critério do DNER PRO 159/85) variando de 4,3 a 5,0 e submetidos a solicitações de tráfego de diversas ordens, cujos números de solicitações do eixo padrão (número N) variaram de $3,7 \times 10^5$ a $1,0 \times 10^6$, para o período de 5 anos, segundo os critérios de cálculo da AASHTO e que representassem segmentos típicos da malha viária paulista.

Os segmentos localizam-se no interior do estado de São Paulo, entre as cidades de Casa Branca e São José do Rio Pardo (SP 350) e Casa Branca e Vargem Grande do Sul (SP 215), e foram escolhidos por serem representativos dos segmentos de pista simples existentes na região

nordeste do estado, por estarem em operação durante anos, por consistirem em importantes vias de escoamento da produção agrícola, por apresentarem todos os dados necessários à aplicação dos modelos de deterioração disponíveis e confiáveis, e por não terem sofrido intervenções de recuperação do pavimento, salvo a conservação de rotina, entre os anos de 1.998 e 2.003 (anos em que foi levantada a irregularidade longitudinal dos pavimentos através de equipamentos integradores tipo resposta), apresentando assim condições ideais para o estudo proposto.

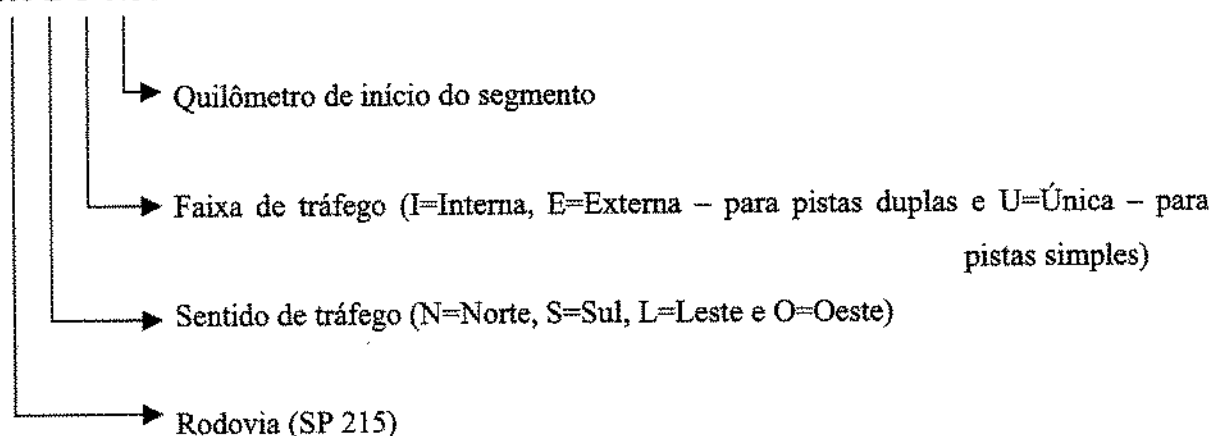
7.5. CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS ESTUDADOS

Para os segmentos selecionados, foram pesquisados os históricos de intervenções no pavimento, bem como as demais informações necessárias a caracterizar os pavimentos de forma completa.

Ainda que os dados disponíveis pelo DER/SP - Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo - sejam escassos, foram determinados o número de anos em operação das rodovias após a última intervenção ou construção e, em caso de segmentos que tenham sido objeto de obras de recuperação, que tipo de obra foi executada.

A identificação dos subtrechos de um quilômetro de extensão estudados são aqui apresentados pela seguinte codificação:

215 L U 0030



As tabelas 7.1, 7.2 e 7.3 apresentam as principais características dos segmentos em estudo quanto à estrutura do pavimento, do tráfego solicitante e dos demais fatores pertinentes.

CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS ESTUDADOS	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 1998	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 2003	Espessura de Material Betuminoso (mm)	Espessura de base de solo cimento (mm)	Espessura de base de material granular (mm)	Espessura de reforço do subleito - solo selecionado (mm)	CBR do subleito (%)	precipitação média mensal (mm/mês).	idade do pavimento desde a última reabilitação ou construção (anos).	Número N AASHTO para 5 anos (milhões por faixa)	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o PRO 159	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o HDM III
215LU0030	18,5	24,2	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215OU0030	12,7	22,0	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215LU0031	19,3	25,5	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215OU0031	13,2	21,4	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215LU0032	21,7	27,6	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215OU0032	20,3	27,0	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215LU0033	19,9	31,6	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215OU0033	16,5	25,3	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215LU0034	18,2	26,5	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215OU0034	16,6	24,9	60	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,46	5,13
215LU0035	18,0	24,5	70	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,63	5,30
215OU0035	17,9	27,2	70	150	0	300	21	0,128	15	0,59	4,63	5,30
215LU0036	15,9	24,8	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215OU0036	19,5	27,4	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215LU0037	16,7	25,5	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215OU0037	18,9	25,9	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215LU0038	19,3	27,4	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215OU0038	18,5	24,2	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215LU0039	16,2	26,7	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215OU0039	17,3	25,5	70	150	0	300	21	0,128	15	0,37	4,63	5,30
215LU0040	20,0	28,2	80	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,80	5,47
215OU0040	19,4	27,5	80	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,80	5,47
215LU0041	21,0	31,3	80	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,80	5,47
215OU0041	16,1	26,2	80	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,80	5,47
215LU0042	18,0	26,1	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0042	18,0	26,1	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0043	20,5	26,0	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0043	20,4	26,4	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0044	16,0	26,1	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0044	16,8	24,9	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0045	16,0	27,6	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0045	18,4	24,5	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0046	16,3	25,2	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0046	19,8	24,7	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0047	18,8	25,7	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0047	15,3	23,8	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95

Tabela 7.1: Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 215 até km 47).

CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS ESTUDADOS	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 1998	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 2003	Espessura de Material Betuminoso (mm)	Espessura de base de solo cimento (mm)	Espessura de base de material granular (mm)	Espessura de reforço do subleito - solo selecionado (mm)	CBR do subleito (%)	precipitação média mensal (mm/mês).	idade do pavimento desde a última reabilitação ou construção (anos).	Número N AASHTO para 5 anos (milhões por faixa)	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o PRO 159	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o HDM III
215LU0048	18,8	25,7	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0048	15,3	23,8	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215LU0049	16,4	25,2	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
215OU0049	18,3	26,6	50	150	0	300	21	0,128	15	0,42	4,29	4,95
350LU0238	18,1	24,5	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0238	16,7	24,2	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0239	14,7	24,3	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0239	15,2	25,6	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0240	14,5	23,5	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0240	16,2	24,6	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0241	15,0	24,5	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0241	16,6	24,8	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0242	16,5	24,8	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0242	15,7	24,1	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0243	14,7	24,2	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0243	15,2	24,3	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0244	16,6	24,5	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0244	16,0	23,9	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0245	15,8	23,3	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0245	15,1	24,2	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0246	18,3	29,9	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350OU0246	17,5	28,0	90	160	0	300	15	0,128	8	0,96	4,81	5,52
350LU0247	14,7	26,2	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0247	15,3	27,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0248	14,6	25,4	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0248	15,4	24,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0249	15,6	25,0	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0249	16,5	25,0	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0250	17,3	28,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0250	17,2	28,8	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0251	16,5	28,8	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0251	14,8	26,2	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0252	16,6	28,5	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0252	16,2	26,5	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52

Tabela 7.2: Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 215 do km 48 ao km 49 e rodovia SP 350 do km 238 ao km 252).

CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS ESTUDADOS	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 1998	Irregularidade Longitudinal (QI) Medida em 2003	Espessura de Material Betuminoso (mm)	Espessura de base de solo cimento (mm)	Espessura de base de material granular (mm)	Espessura de reforço do subleito - solo selecionado (mm)	CBR do subleito (%)	precipitação média mensal (mm/mês).	idade do pavimento desde a última reabilitação ou construção (anos).	Número N AASHTO para 5 anos (milhões por faixa)	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o PRO 159	número estrutural ajustado no início do ano de análise para o HDM III
350LU0253	15,2	24,1	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0253	17,6	29,2	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0254	14,9	26,9	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0254	18,2	25,9	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0255	14,9	23,8	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0255	14,6	23,9	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0256	14,8	22,4	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0256	12,6	20,8	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0257	16,1	25,0	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0257	13,1	21,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0258	17,4	24,3	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0258	14,0	21,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0259	16,7	27,7	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0259	16,1	21,9	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0260	14,4	23,5	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350OU0260	13,9	21,1	90	160	0	300	15	0,128	8	1,03	4,81	5,52
350LU0265	15,3	23,0	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350OU0265	16,2	25,5	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350LU0266	15,7	25,5	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350OU0266	19,4	23,8	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350LU0267	19,6	26,8	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350OU0267	16,3	25,0	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350LU0268	20,8	27,4	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350OU0268	18,3	28,8	110	0	150	300	11	0,128	8	0,51	5,04	5,57
350LU0269	21,9	30,3	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57
350OU0269	20,2	31,7	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57
350LU0270	21,3	28,9	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57
350OU0270	20,9	29,0	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57
350LU0271	19,8	30,7	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57
350OU0271	18,6	28,6	110	0	150	300	11	0,128	8	0,60	5,04	5,57

Tabela 7.3: Caracterização dos segmentos estudados (rodovia SP 350 do km 253 ao km 271).

Destaca-se que as tabelas constantes do Apêndice apresentam, para cada segmento de 1 quilômetro de extensão estudado, todos os dados necessários à utilização dos modelos, seguindo a nomenclatura particular de cada modelo.

Os coeficientes estruturais adotados para o cálculo dos número estrutural nesta pesquisa, seguem as orientações de cada modelo, sendo apresentados a seguir em unidades de medida compatíveis com a dos modelos de desempenho aos quais pertencem.

Os coeficientes constantes do modelo DNER PRO 159, utilizados para os segmentos estudados nesta pesquisa são:

- Camada de rolamento em CBUQ (em função do módulo resiliente da camada, não disponível nesta pesquisa e adotado igual a 30.000 kgf/cm^2) = 0,17.
- Camada de base em solo cimento = 0,04.
- Camada de base granular (em função do CBR da camada), para os segmentos estudados = aproximadamente 0,05.
- Camada de sub base granular (em função do CBR da camada), para os segmentos estudados = aproximadamente 0,04.
- Camada de reforço de subleito (em função do CBR da camada), para os segmentos estudados = aproximadamente 0,037 (CBR de 20%).
- Subleito (em função do CBR da camada), variável para cada segmento.

Os coeficientes constantes do modelo HDM III, utilizados para os segmentos estudados nesta pesquisa são:

- Camada de rolamento em CBUQ = 0,44.
- Camada de base em solo cimento = 0,2.
- Camada de base granular = 0,2.
- Camada de sub base granular = 0,15.
- Camada de reforço de = 0,1.
- Subleito (em função do CBR da camada), variável para cada segmento.

Os coeficientes constantes do modelo HDM 4 são apresentados de maneira genérica na tabela 6.4 e de maneira específica, valores adotados para cada segmento estudado, no Apêndice.

A seguir, na tabela 7.4, são apresentados os resultados dos furos de sondagem realizados nos trechos das rodovias SP 215 e SP 350, objetos desta pesquisa. A partir deste furos de sondagem, os valores relativos ao tipo, características e espessura das camadas, foram expandidos para os segmentos de 1 quilômetro de extensão.

Rodovia	km	Capa 1		Capa 2		Base			Reforço				Subleito	
		Tipo	Esp (cm)	Tipo	Esp (cm)	Tipo	Esp (cm)	% cimento	Tipo	Esp (cm)	CBR _{INTER}	Classific. MCT	CBR _{NORM}	Classific. MCT
SP 215	30,4	CBUQ	4,0	TSD	2,0	Solo Cimento	16,0	9	Solo Arenoso	30,0				
SP 215	32,3	CBUQ	4,0	TSD	2,3	Solo Cimento	16,5	9	Solo Arenoso	28,0	51%	LA	21%	LA'
SP 215	33,7	CBUQ	4,0	TSD	2,0	Solo Cimento	15,0	9	Solo Fino	30,0				
SP 215	35,1	CBUQ	5,5	TSD	2,0	Solo Cimento	15,0	9	Solo Arenoso	29,0	45%	LA	22%	LA'
SP 215	36,5	CBUQ	7,0			Solo Cimento	15,0	9	Solo Fino	30,0				
SP 215	41,0	CBUQ	8,0			Solo Cimento	16,0	9	Solo Fino	33,0				
SP 215	41,7	CBUQ	5,5			Solo Cimento	14,0	9	Solo Fino	28,0				
SP 215	45,0	CBUQ	3,0	TSD	2,0	Solo Cimento	16,0	9	Solo Arenoso	35,0	44%	LA	23%	LA'
SP 215	48,3	CBUQ	4,0	TSD	2,0	Solo Cimento	15,0	9	Solo Arenoso	30,0	49%	LA	18%	LA'
SP 350	240,0	CBUQ	6,0	TSD	3,0	Solo Cimento	16,0	9	Solo Fino	30,0				
SP 350	250,0	CBUQ	6,0	TSD	3,0	Solo Cimento	16,5	9	Solo Fino	30,0	48%	LA'	14%	NS'
SP 350	250,8	CBUQ	8,5			Solo Cimento	15,5	9	Solo Fino	30,0				
SP 350	252,3	CBUQ	10,0			Solo Cimento	16,0	9	Solo Fino	32,0				
SP 350	253,5	CBUQ	9,0			Solo Cimento	15,0	9	Solo Fino	30,0	52%	LA'	16%	NS'
SP 350	253,9	CBUQ	11,0			Solo Cimento	16,0	9	Solo Fino	29,0				
SP 350	255,0	CBUQ	6,0	TST	3,0	Solo Cimento	17,0	9	Solo Fino	30,0				
SP 350	260,0	CBUQ	6,0	Binder	4,0	Solo Cimento	16,0	9	Solo Fino	30,0	45%	LA'	15%	NS'
SP 350	265,6	CBUQ	10,0	Binder	3,0	Solo Brita	15,0		Solo Fino	29,0	50%	LA'	11%	NS'
SP 350	270,0	CBUQ	8,0	TSD	3,0	Solo Brita	15,0		Solo Fino	30,0				
SP 350	272,0	CBUQ	8,0	TSD	3,0	Solo Brita	17,0		Solo Fino	27,0				

Tabela 7.4: Resultado dos furos de sondagem e inspeção do pavimento.

Os segmentos em análise apresentam os seguintes intervalos de variação dos principais parâmetros de entrada dos modelos:

Número Estrutural (critério DNER PRO 159): de 4,3 a 5,0
 Espessura da camada de rolamento: de 5 cm a 11 cm
 Deflexão Recuperável: de $20 \text{ mm} \times 10^{-2}$ a $71 \text{ mm} \times 10^{-2}$
 Área trincada inicial (classes 2 e 3): de 3% a 50%
 Irregularidade longitudinal inicial (QI): de 12,6 cont/km a 21,9 cont/km
 Afundamento na trilha de roda: de 0 mm a 4 mm
 Tráfego (Número N AASHTO, 5 anos): de $3,7 \times 10^5$ a $1,0 \times 10^6$
 Precipitação média mensal: igual a 0,13 mm/mês
 Número de Panelas: igual a zero.
 Idade do pavimento, desde a última intervenção: de 8 a 15 anos.

7.6. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Para este estudo, foram conduzidas medições de irregularidade longitudinal dos pavimentos através do aparelho tipo resposta Bump Integrator. Este tipo de equipamento fornece leituras, a cada lance de 200 ou 320 metros, que representam o somatório dos deslocamentos verticais do eixo traseiro do veículo (ou reboque) em relação à carroceria do mesmo, em valores absolutos. A escala padrão adotada, para a medida de irregularidade longitudinal do pavimento, foi a que mede o QI ou quociente de irregularidade (expresso em contagens por quilômetro).

Através do levantamento da irregularidade longitudinal de alguns segmentos pelo processo do Nível e Mira, conforme normatização do DNER, foi feita a calibração dos aparelhos medidores tipo resposta, para diversas velocidades médias.

O processo de levantamento por Nível e Mira contempla a medida direta do perfil longitudinal do pavimento ao longo de cada uma das trilhas de roda, através do nivelamento da superfície, com a utilização de um nível automático, miras graduadas em mm, trenas de 50,00 m e material para pintura e marcação sobre a pista pavimentada. Um auxiliar de topografia percorre o alinhamento de cada uma das trilhas de rodas, colocando a mira sobre os pontos previamente demarcados no pavimento, espaçados de 0,5 m, para que o topógrafo faça as leituras sobre a mira.

A DNER – ES 173/86 (15) normatiza o levantamento da irregularidade, através do processo Nível e Mira para a calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta, discorrendo sobre aparelhagem, pessoal, execução dos serviços e obtenção dos resultados.

A figura 7.2 apresenta ilustra o levantamento com Nível e Mira para a calibração do equipamento tipo resposta, em um dos trechos estudados.

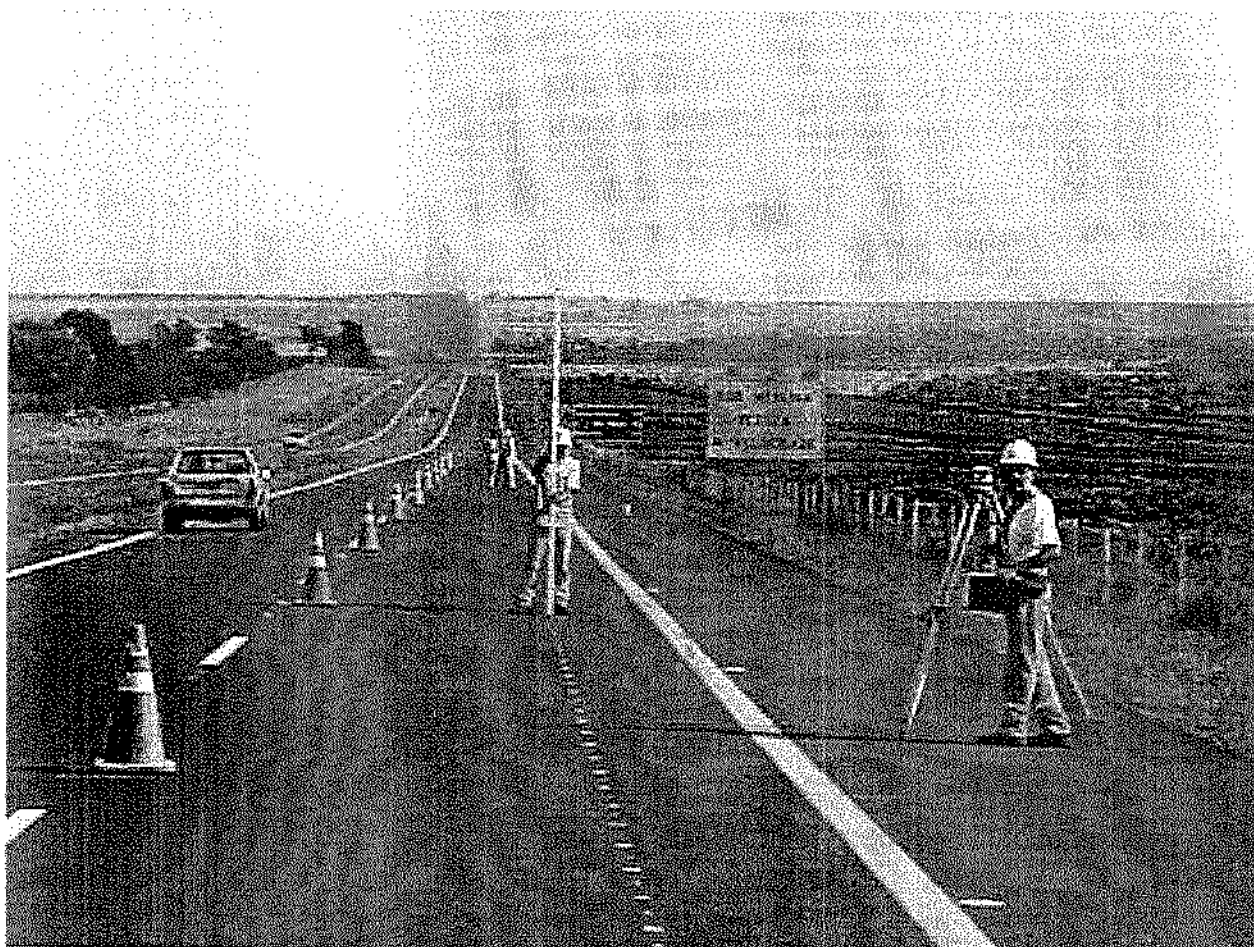


Figura 7.2: Levantamento por Nível e Mira, na SP 340 – abril/2003.

Após o levantamento da irregularidade longitudinal dos segmentos de calibração, através do processo de nível e mira, o veículo equipado com o Bump Integrator percorreu 15 vezes cada segmento (5 vezes a velocidade de 60 km/h, 5 vezes a velocidade de 80 km/h e 5 vezes a velocidade de 100 km/h), com suas rodas cuidadosamente posicionadas sobre a marcação do levantamento de nível e mira e mantendo a velocidade constante.

Além dos segmentos de calibração pertencentes a malha viária em estudo, o aparelho foi calibrado em vários outros segmentos localizados nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Após a calibração do equipamento, procedeu-se então à medição do QI nos segmentos selecionados, conforme preconizado na DNER PRO 182/94 (22). O levantamento do QI foi acompanhado pelo autor. Durante todo o percurso, procurou-se manter a velocidade do veículo medidor constante e igual a uma das três velocidades utilizadas na calibração do equipamento.

Através dos dados obtidos no levantamento de campo, armazenados diretamente em um computador portátil, as medidas do equipamento tipo resposta foram transformadas em unidades de QI, pela utilização das curvas de calibração, obtidas através da relação das medidas de irregularidade longitudinal do levantamento com Nível e Mira e da média das leituras realizadas pelo equipamento durante sua calibração.

Após a medição de campo, os trechos foram agrupados em segmentos com um quilômetro de extensão

Os resultados dos levantamentos de campo dos anos de 1.998 e 2.003, podem ser observados no início do capítulo, nas tabelas 7.1, 7.2 e 7.3.

As demais grandezas levantadas, tais como área trincada, afundamento nas trilhas de roda, deflexões recuperáveis etc, seguiram as preconizações do DNER constantes da normatização em vigor e, por tratarem-se especificamente de dados de entrada para os modelos de desempenho de irregularidade longitudinal utilizados neste estudo, seus resultados são apresentados no Apêndice, juntamente com os demais parâmetros de cada modelo utilizado.

8. APLICAÇÃO DOS MODELOS EXISTENTES AOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO E PROPOSIÇÃO DE AJUSTES

8.1. TRATAMENTO DOS DADOS E CONCEITOS ESTATÍSTICOS

Todos os dados levantados em campo e obtidos em laboratório, necessários ao abastecimento dos dados de entrada dos modelos de desempenho utilizados neste trabalho, foram tabulados em planilhas eletrônicas, de modo a facilitar sua utilização.

As tabelas contendo a tabulação completa dos dados utilizados para cada modelo são apresentadas no Apêndice, compreendendo tanto os dados levantados, quanto as grandezas calculadas através dos modelos de previsão de desempenho.

Foram plotados graficamente os resultados (irregularidade longitudinal projetada para o ano de 2.003) obtidos em cada um dos modelos, bem como os dois levantamentos de campo de irregularidade longitudinal (o levantamento inicial de 1.988, que alimentou os modelos, e o levantamento de 2.003), de forma que os mesmos pudessem ser comparados entre si.

Após a comparação entre os dados de irregularidades levantados em campo e os estimados pelos modelos estudados, foram adotados procedimentos de ajustes nos modelos, de modo a aproximar os dados estimados dos dados reais medidos em campo.

Foram estudados diversos tipos de ajuste com o intuito de encontrar o de melhor resultado, ou seja, o que mais aproximasse os dados estimados dos reais, e a avaliação destes ajustes foi realizada com base nos conceitos estatísticos apresentados na sequência deste capítulo.

Segundo BUSTOS *et al.* (1998) *apud* LERCH (52), "o ajuste de um modelo de previsão de desempenho consiste em encontrar os parâmetros que minimizem a diferença entre os valores previstos pelo modelo, com os encontrados em campo."

Dessa forma, foi utilizado, para a definição dos parâmetros de ajuste dos modelos, o processo de tentativa e erro; ou seja, os valores dos parâmetros de ajuste foram alterados para a obtenção de valores de previsão que se aproximassem o máximo possível dos dados medidos.

Segundo MARCON; APS; CARDOSO (54), "as variáveis são classificadas em dependentes e independentes. As variáveis independentes são aquelas identificáveis no campo e consideradas capazes de influir na deterioração dos pavimentos: resistência do subleito, coeficiente [sic] estruturais das camadas do pavimento, deflexões, etc. As dependentes retratam as manifestações de deterioração dos pavimentos."

Isso colocado, observa-se que o experimento descrito neste trabalho será de base empírica e não racional, utilizando, como variáveis dependentes, a irregularidade longitudinal ao final do período em análise para cada modelo de previsão de desempenho estudado e, como variáveis independentes, a irregularidade medida em campo para o final do período em análise e os demais dados de entrada dos modelos de previsão de desempenho, medidos em campo no início do período em análise (ano de 1.998).

COSTA NETO (13) destaca ainda que "análises estatísticas baseadas no coeficiente de correlação, em geral, são adequadas quando estão envolvidas duas (ou mais, no caso geral) variáveis entre as quais não há relações de dependência funcional, embora possam ser correlacionadas", que é o caso do presente estudo.

WALTER (72) explica que "o quadrado do coeficiente de correlação é denominado coeficiente de determinação, que mede a proporção dos desvios 'explicados' em relação aos desvios totais" e cita um exemplo: "Se $r = 0,8$, então o coeficiente de determinação r^2 é 0,64. Esse coeficiente indica que 64% da variabilidade dos y_i podem ser explicados pela relação entre y_i e x_i ."

WALTER (72) complementa, destacando que "*chama-se coeficiente de correlação linear o índice que mede o grau de relação linear entre duas variáveis*" e que "*o valor de r , que sempre pertencerá ao intervalo $[-1; +1]$, representa uma medida de intensidade do inter-relacionamento entre duas variáveis*". Ou seja, se $r = 1$, há uma perfeita correlação positiva entre as variáveis, significando que se os valores de uma variável aumentam (ou diminuem), em correspondência, os valores da outra variável também aumentam (ou diminuem) na mesma proporção. Por outro lado, se $r = -1$, há uma perfeita correlação negativa entre as variáveis, significando que os valores de uma variável variam em proporção inversa aos valores de outra variável. E ainda, se $r = 0$, não há correlação entre as variáveis.

BUSSAB (08) apresenta a fórmula de cálculo para o coeficiente de correlação (r):

$$r = \frac{\sum x_i y_i - n x_m y_m}{[(\sum x_i^2 - n x_m^2)(\sum y_i^2 - n y_m^2)]^{1/2}} \quad (8.1.01)$$

onde:

x_i i -ésima observação da variável x

y_i i -ésima observação da variável y

n número total de observações

x_m média da variável x

y_m média da variável y

Desta forma, foram utilizados como parâmetros de avaliação estatística para este trabalho, tanto para a comparação entre os quatro modelos em estudo, quanto para a proposição e aceitação de ajustes, os coeficientes de correlação (r), de determinação (r^2) e a análise dos resíduos, que são as

diferenças encontradas entre os valores de irregularidade medidos em campo e os estimados pelos modelos.

Nos capítulos seguintes, é apresentada a análise dos valores estimados por meio de cada modelo de previsão de desempenho, bem como os ajustes propostos.

8.2. APLICAÇÃO DOS MODELOS

Após a tabulação dos dados levantados junto à Concessionária em planilhas eletrônicas, foram aplicados os quatro modelos estudados neste trabalho, obtendo-se, para cada modelo, a estimativa da irregularidade longitudinal dos pavimentos nos segmentos estudados, referente ao ano de 2.003.

As Figuras 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4 apresentam os gráficos de valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores de irregularidade longitudinal, medidos em campo com os integradores tipo resposta, a curva de tendência linear, seu modelo de correlação e o respectivo coeficiente de determinação.

Na figura 8.1 observamos que os valores estimados pelo modelo DNER 159/85 se mostraram conservadores em todos os segmentos de análise, o que fez com que a curva de tendência linear que melhor representa a relação valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores medidos em campo, fosse transladada, ficando acima da linha de 45° que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo.

Na figura 8.2 observamos que os valores estimados pelo modelo do HDM III se mostraram conservadores na grande maioria dos segmentos de análise, o que fez com que a curva de tendência linear que melhor representa a relação valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores medidos em campo, fosse transladada, ficando acima da linha de 45° que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo. Observa-se que apenas 1 dos 98 segmentos analisados apresentou valor estimado pelo modelo inferior à medição de campo.

Na figura 8.3 observamos que os valores estimados pelo modelo do HDM 4 se mostraram conservadores na maioria dos segmentos de análise, o que fez com que a curva de tendência linear que melhor representa a relação valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores medidos em campo, fosse transladada, ficando acima da linha de 45° que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo, para o intervalo de medidas desta pesquisa. Destaca-se ainda que a curva de tendência linear deste modelo se aproximou mais da linha de 45° do que a curva dos modelos do DNER PRO 159/85 e do HDM III, o que significa que os dados estimados pelo modelo do HDM 4 estão mais próximos dos dados medidos em campo do que os dados estimados pelos outros 2 modelos.

Na figura 8.4 observamos que os valores estimados pelo modelo do mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI encontram-se ao redor da linha de 45° que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo, para o intervalo de medidas desta pesquisa, apresentando pontos abaixo e acima desta linha. A curva de tendência linear que melhor representa a relação valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores medidos em campo, intercepta a linha de 45° que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo, o que indica que a média dos valores estimados pelo modelo está próxima da média da irregularidade longitudinal medida em campo. Entretanto, a curva da tendência linear sofreu uma rotação em relação à linha de 45°, o que explica o baixo valor do coeficiente de determinação da curva de tendência linear (inferior a 0,5), ainda que este seja o modelo cujas estimativas mais se aproximaram dos valores reais medidos em campo.

O gráfico da Figura 8.5, apresenta a comparação entre o levantamento de campo de irregularidade longitudinal realizado no ano de 1.998, o levantamento de campo realizado em 2.003 e as projeções para a irregularidade no ano de 2.003 de cada modelo de previsão de desempenho.

Através do gráfico, pode-se observar que o modelo que apresentou as previsões mais próximas dos dados levantados em campo, tanto para os segmentos de pavimento composto quanto para os

segmentos em pavimento flexível, foi o modelo mecanístico proposto por SALEH; MAMLOUK e OWUSU-ANTWI.

O modelo de previsão de irregularidade do HDM 4 apresentou projeções inferiores aos levantamentos de campo para quase todos os segmentos, e projeções pouco inferiores às do modelo mecanístico no caso do pavimento composto. Já, para os segmentos com pavimento flexível, o modelo HDM 4 apresentou estimativas mais distantes dos dados medidos em campo e do modelo mecanístico.

O modelo HDM III apresentou projeções pouco mais distantes dos dados levantados do que os outros dois modelos referenciados acima, e o modelo do PRO 159/85 foi o que apresentou a estimativa mais distante dos dados levantados em campo no ano de 2.003, apresentando pequena variação entre a irregularidade longitudinal inicial (ano de 1.998) e os dados estimados pelo modelo para o ano de 2.003, apresentando-se como o modelo mais conservador.

A tabela 8.1 apresenta a média, o coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de determinação (r^2), calculados conforme a equação 8.1.01, quando considerados somente os trechos em pavimento composto, somente os em pavimento flexível e, depois, considerando todos os segmentos estudados, para a relação entre os dados medidos no ano de 2.003 e os dados projetados pelos modelos de desempenho (sem ajustes).

Os dados apresentados nesta tabela demonstram que o modelo mecanístico apresentou a média mais próxima da média dos valores medidos em campo, tanto para o pavimento composto quanto para o pavimento flexível, ainda que o r^2 dos modelos HDM III e HDM 4 tenha apresentado valores superiores aos do modelo mecanístico para os segmentos em pavimento flexível, e o modelo PRO 159 tenha apresentado o maior r^2 quando analisados os segmentos com pavimento composto e quando analisados todos os segmentos.

Ou seja, o modelo que apresentou valores mais próximos aos dados medidos em campo foi o modelo mecanístico, e o que apresentou valores mais distantes foi o modelo do PRO 159/85.

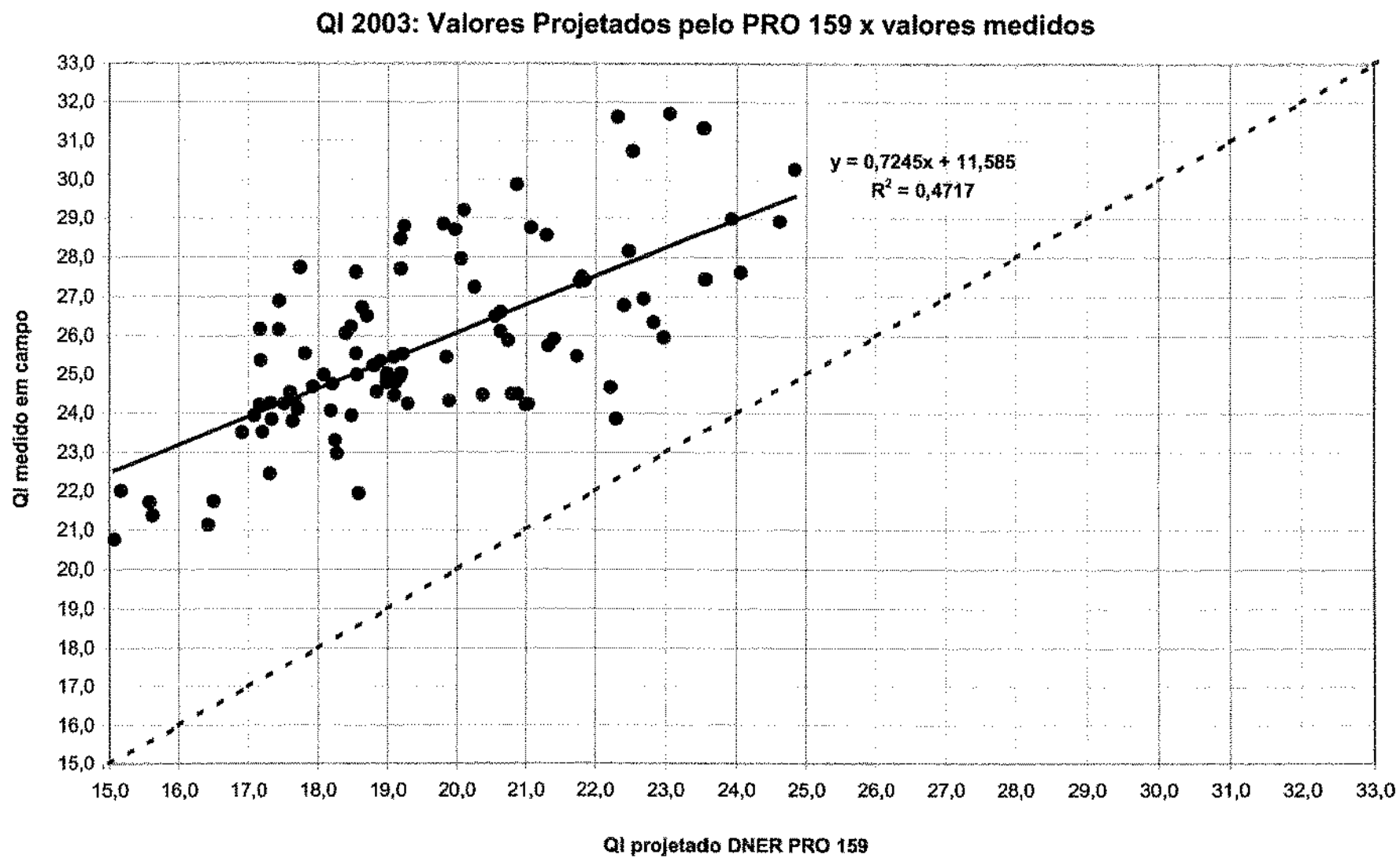


Figura 8.1: Valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 x valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo HDM III x valores medidos

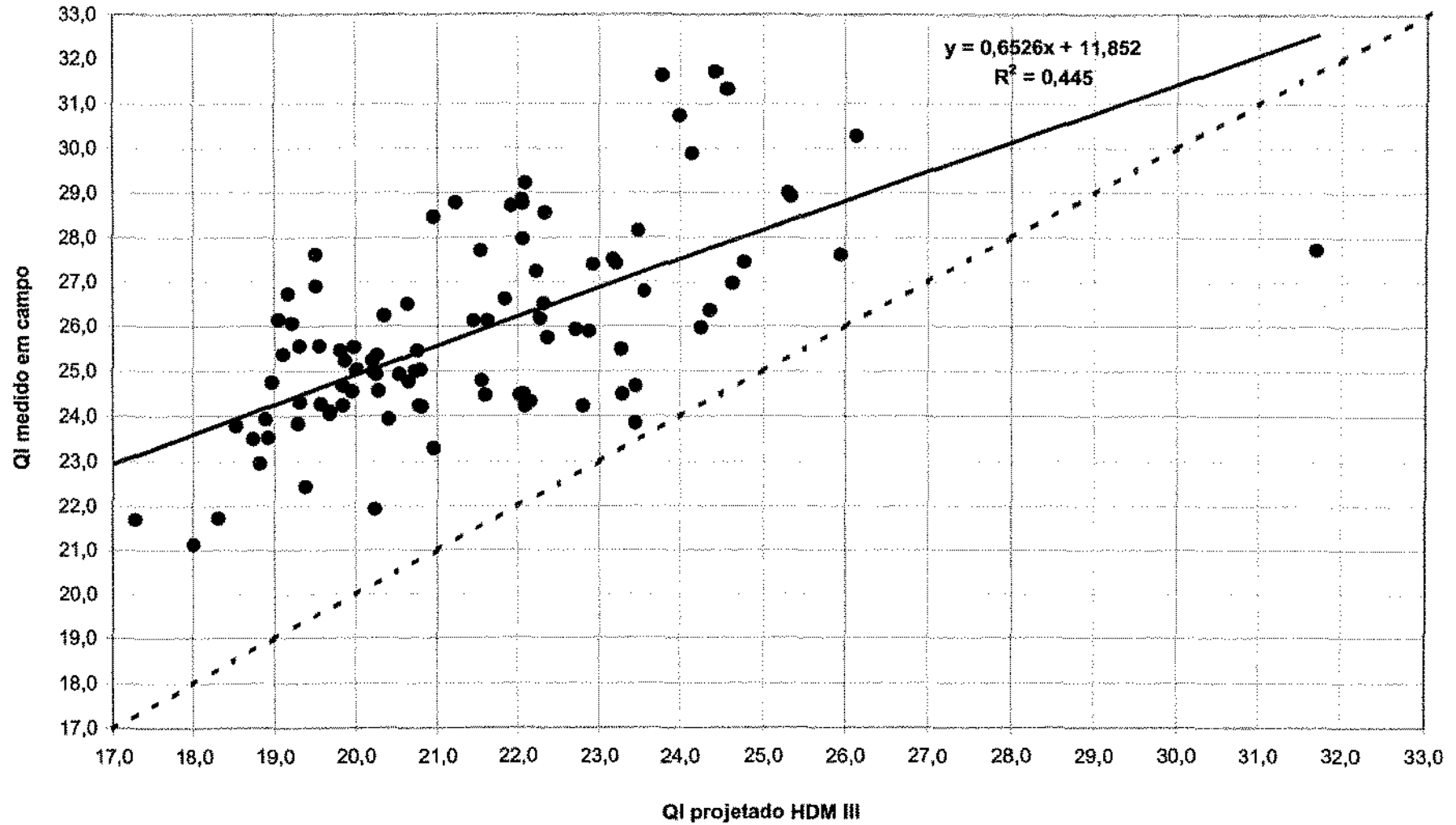


Figura 8.2: Valores estimados pelo modelo HDM III x valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo HDM 4 x valores medidos

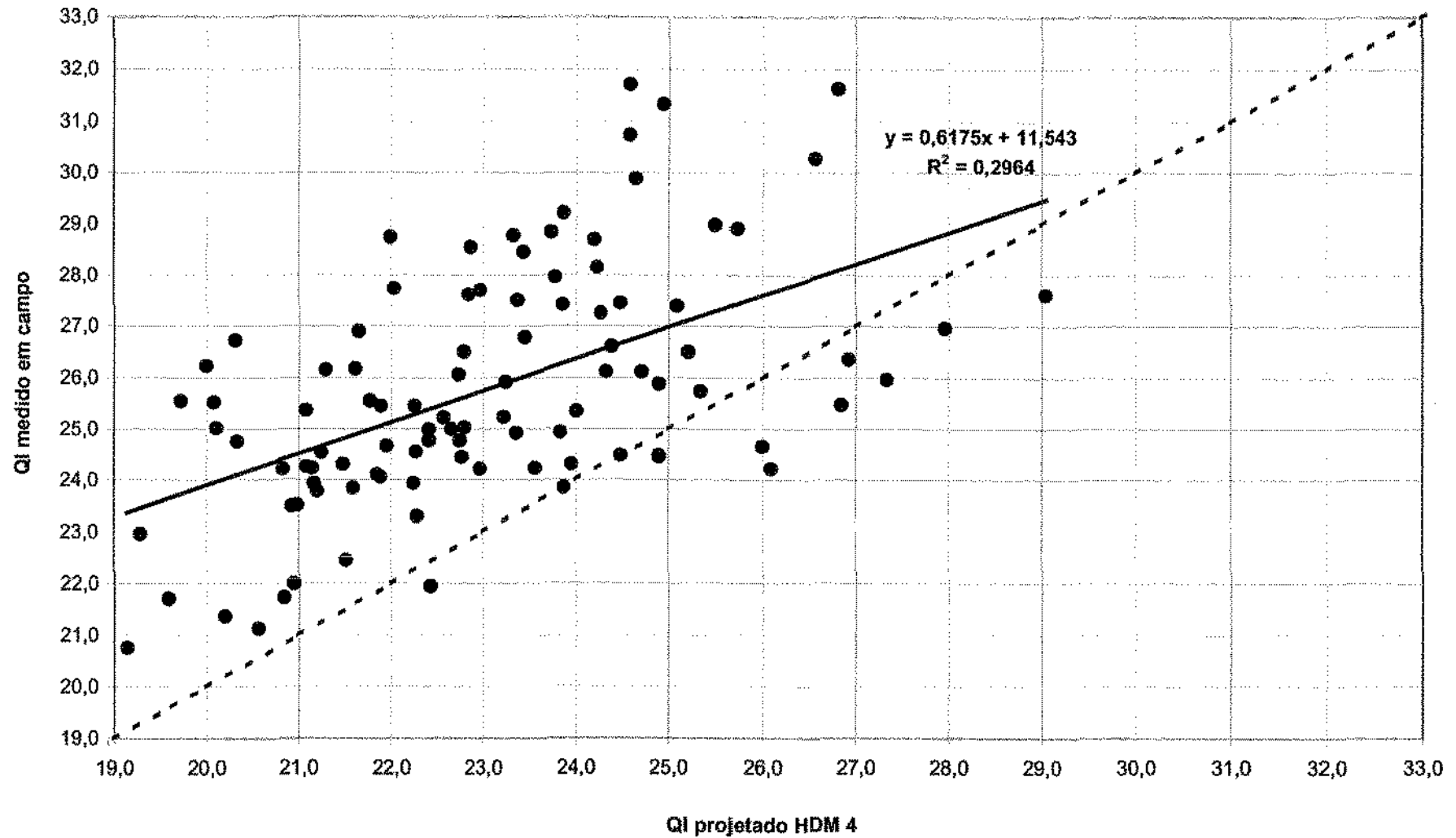


Figura 8.3: Valores estimados pelo modelo HDM 4 x valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo método Mecanístico x valores medidos

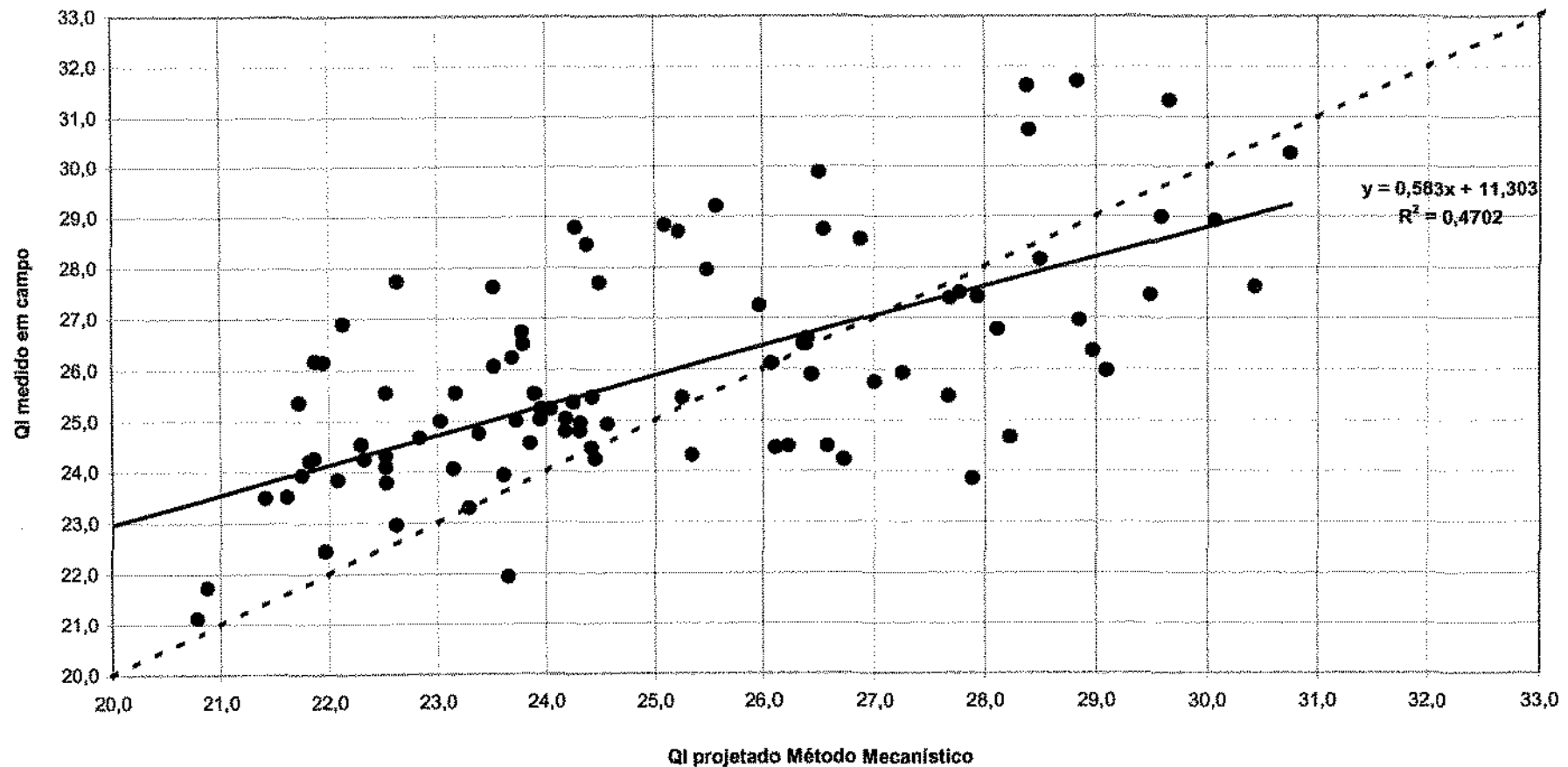


Figura 8.4: Valores estimados pelo modelo mecanístico de SALEH, MAMLOUK E OWUSU-ANTWI x valores medidos em campo.

Comparação entre o QI medido e o estimado pelos 4 modelos

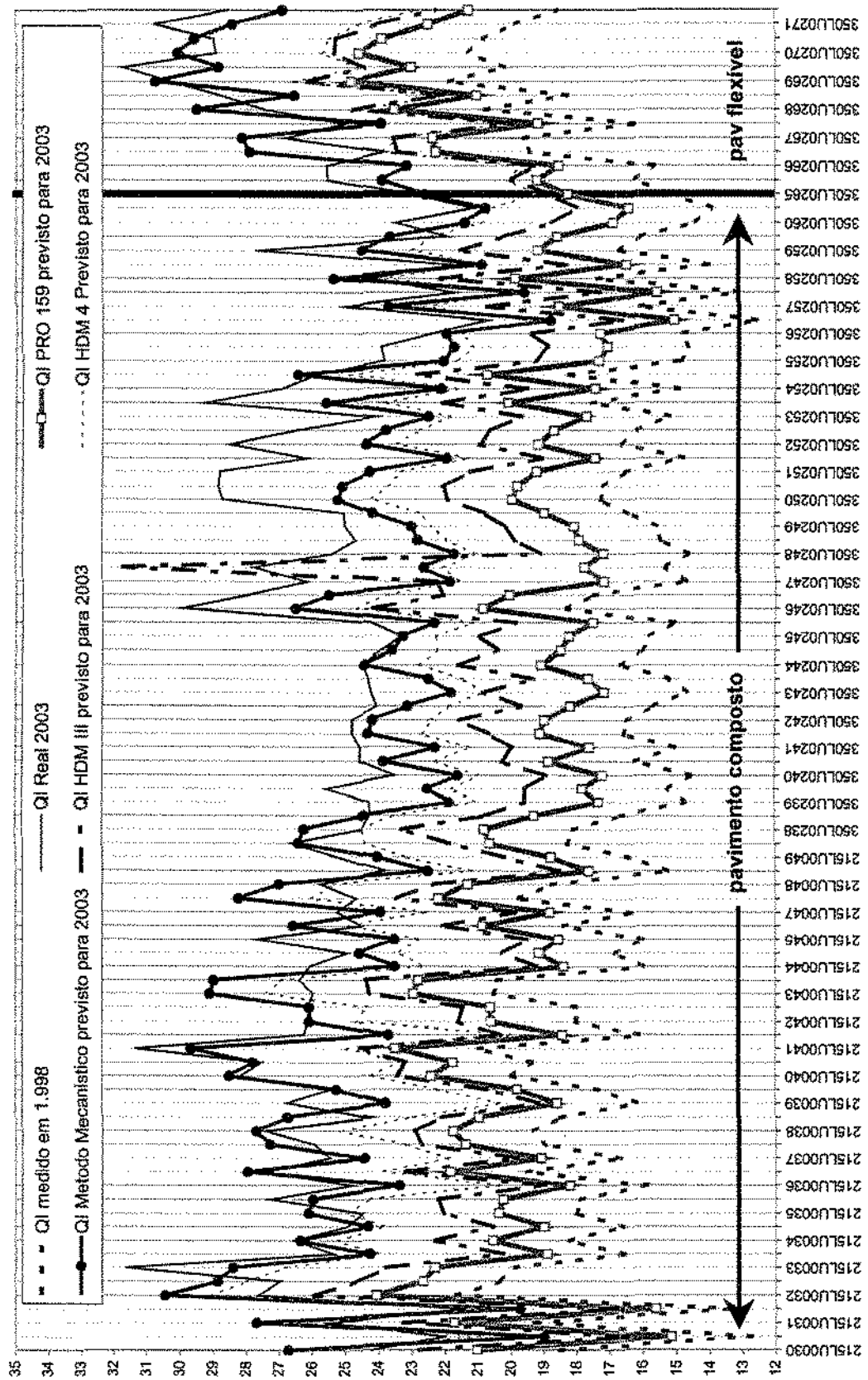


Figura 8.5: Comparação entre valores medidos e valores projetados através dos modelos de desempenho para irregularidade (QI).

SEGMENTOS / GRANDEZAS		QI MEDIDO		QI PROJETADO (2.003)			
		1998	2003	PRO 159/85	HDM III	HDM 4	Mecanís- tico
SEGMENTOS COM PAVIMENTO COMPOSTO	$QI_m =$	17,0	25,5	19,2	21,1	23,0	24,4
	$r =$			0,635	0,623	0,535	0,635
	$r^2 =$			0,404	0,389	0,286	0,403
SEGMENTOS COM PAVIMENTO FLEXÍVEL	$QI_m =$	18,9	27,5	21,8	22,8	23,1	27,2
	$r =$			0,694	0,717	0,722	0,715
	$r^2 =$			0,481	0,514	0,521	0,511
TODOS OS SEGMENTOS	$QI_m =$	17,3	25,8	19,6	21,3	23,0	24,8
	$r =$			0,687	0,667	0,544	0,686
	$r^2 =$			0,472	0,445	0,296	0,470

Tabela 8.1: Média, r e r^2 para a relação entre o QI medido e o estimado pelos modelos.

Entretanto, o modelo do PRO 159/85 foi o modelo com maior grau de correlação em relação aos dados levantados em campo, posto que apresentou o maior coeficiente de correlação (r). Ainda que os coeficientes de correlação (r) dos modelos mecanístico e HDM III foram muito próximos aos do PRO 159/85, todos variando entre aproximadamente 0,67 e 0,69.

O modelo HDM 4, no entanto, exceto para os segmentos em pavimento flexível ($r = 0,72$), apresentou valor de r da ordem de 0,54, sendo o modelo que pior se correlacionou com os dados levantados.

As figuras 8.6, 8.7, 8.8 e 8.9, apresentam os resíduos obtidos entre os valores estimados pelos modelos e os valores levantados em campo. Os resíduos são as diferenças, calculadas para cada segmento, entre o valor de irregularidade longitudinal medido em campo e o valor projetado pelo modelo em análise; Ou seja, a distribuição dos resíduos demonstra o quão próximos, ou não, estão os dados projetados pelos modelos de desempenho, dos dados reais, medidos em campo.

Observa-se, nestas figuras, que os valores dos resíduos não se situam em torno de zero, o que indica que os valores estimados devem ser ajustados e que, quanto mais longe de zero situam-se

estes valores, mais distantes estão os dados estimados pelo modelo, dos dados obtidos através de levantamento de campo.

Nota-se ainda que o modelo do DNER PRO 159/85 apresenta todos os resíduos negativos, que os modelos do HDM III e do HDM 4 apresentam a grande maioria dos resíduos negativos, ainda que os resíduos do modelo HDM 4 encontrem-se mais próximos do valor zero e que o modelo mecanístico apresenta tanto resíduos positivos quanto negativos e, valores mais próximos de zero do que os outros modelos.

As figuras 8.10, 8.11, 8.12 e 8.13, consistem em histogramas que apresentam a porcentagem de segmentos dentre o total de segmentos estudados *versus* as faixas de valores dos resíduos absolutos, para cada modelo estudado.

Analisando as figuras 8.10, 8.11, 8.12 e 8.13, percebe-se que o modelo do DNER PRO 159/85 foi o que apresentou maiores resíduos absolutos, os modelos do HDM III e do HDM 4 apresentaram resíduos absolutos menores e, o modelo mecanístico foi o que apresentou valores dos resíduos absolutos mais próximos de zero. Entretanto, mesmo para o modelo mecanístico a porcentagem de segmentos com altos valores de resíduos absolutos é grande, o que mostra a dispersão dos valores estimados pelo modelo em relação aos valores reais levantados em campo.

Os resultados apresentados demonstram, portanto, a necessidade da adoção de fatores de ajuste para os modelos empregados, visto em todos os casos os valores medidos diferiram dos valores projetados.

Mesmo no caso do modelo mecanístico que, a despeito de sua simplicidade e da utilização de poucos dados de entrada (o que facilita sua aplicação) apresentou projeções muito próximas dos dados medidos em campo, devem ser estudados fatores de ajuste que possibilitem aumentar ainda mais a correlação dos dados estimados com os dados medidos.

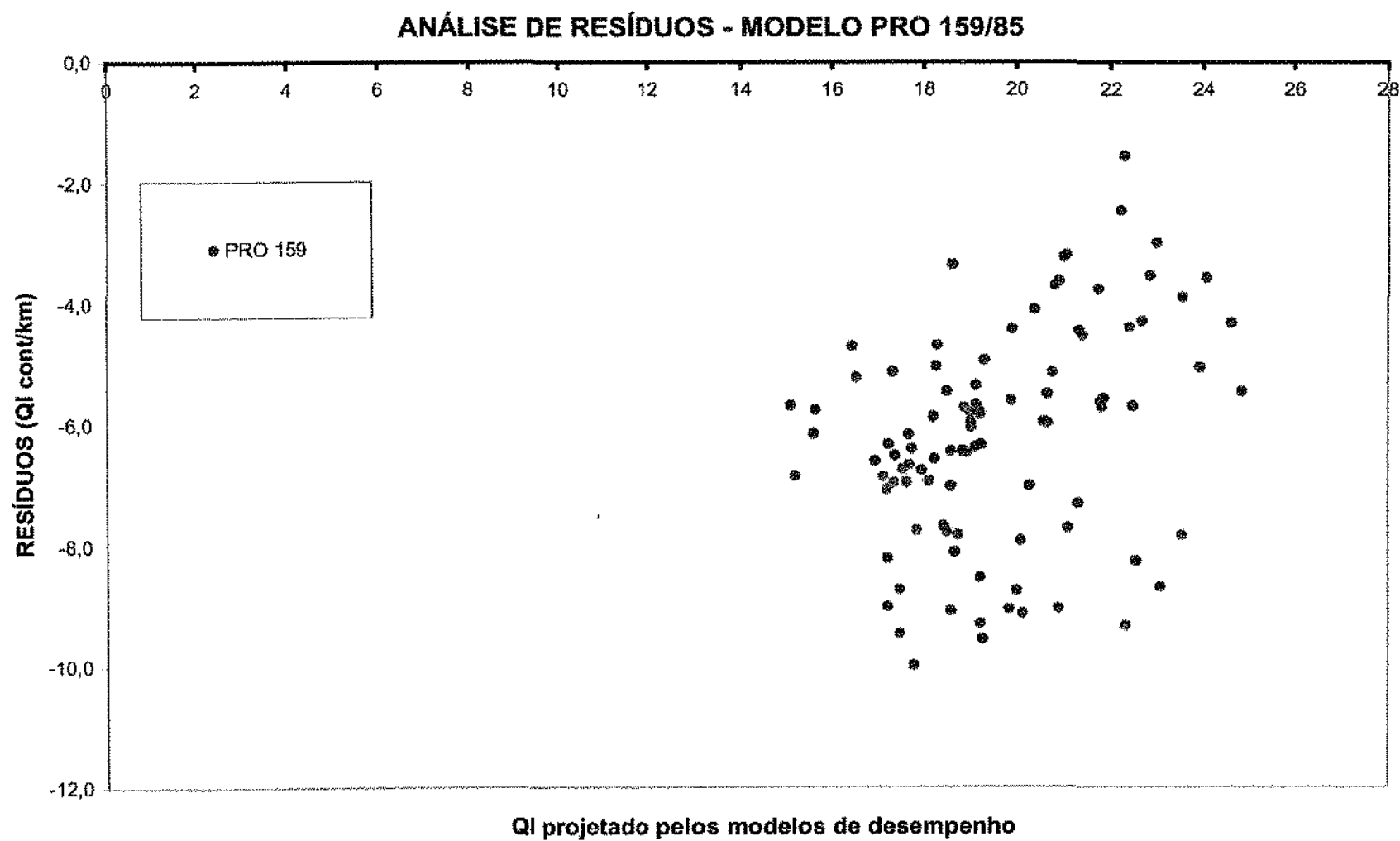


Figura 8.6: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 e a irregularidade (QI) medida em campo.

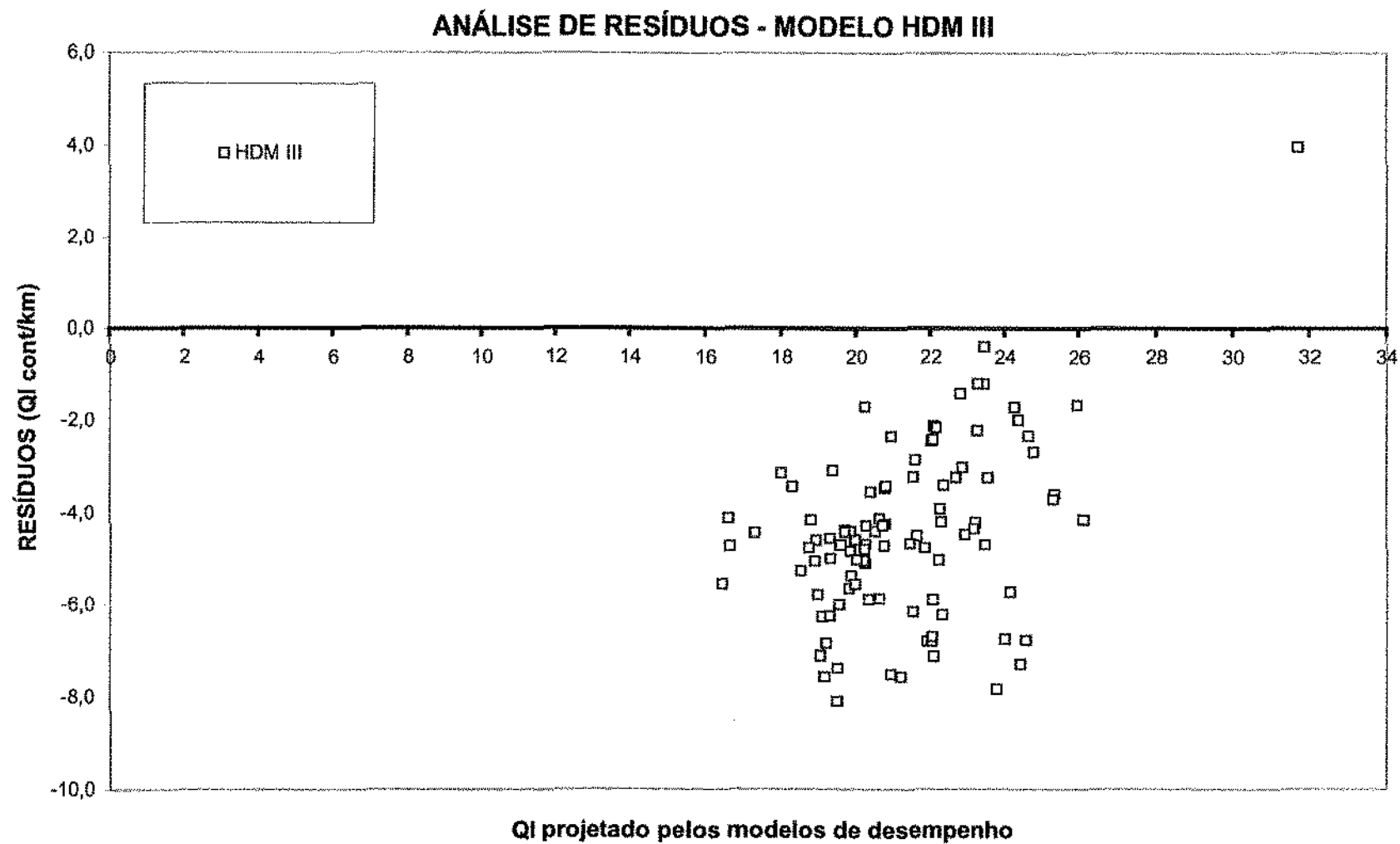


Figura 8.7: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM III e a irregularidade (QI) medida em campo.

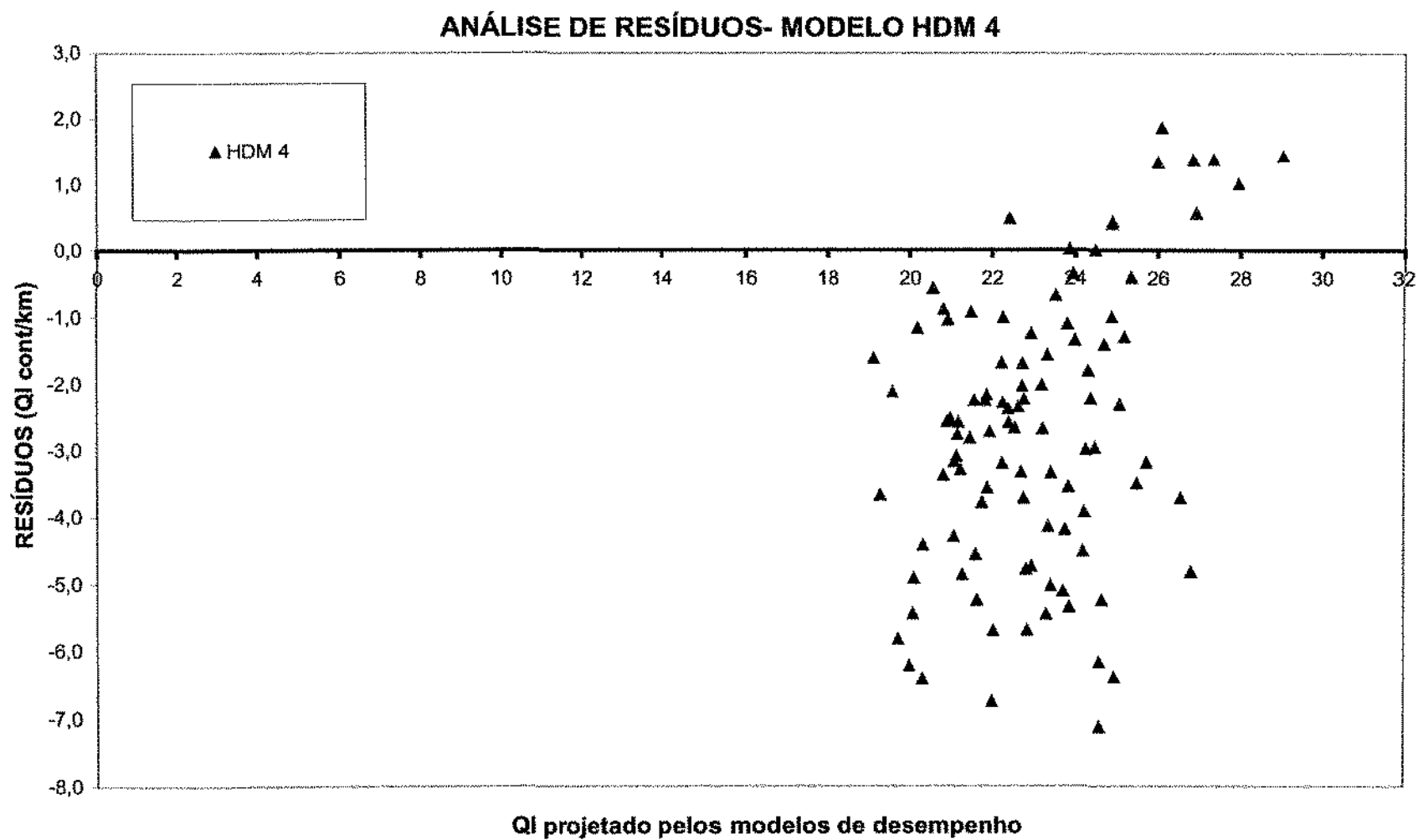


Figura 8.8: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM 4 e a irregularidade (QI) medida em campo.

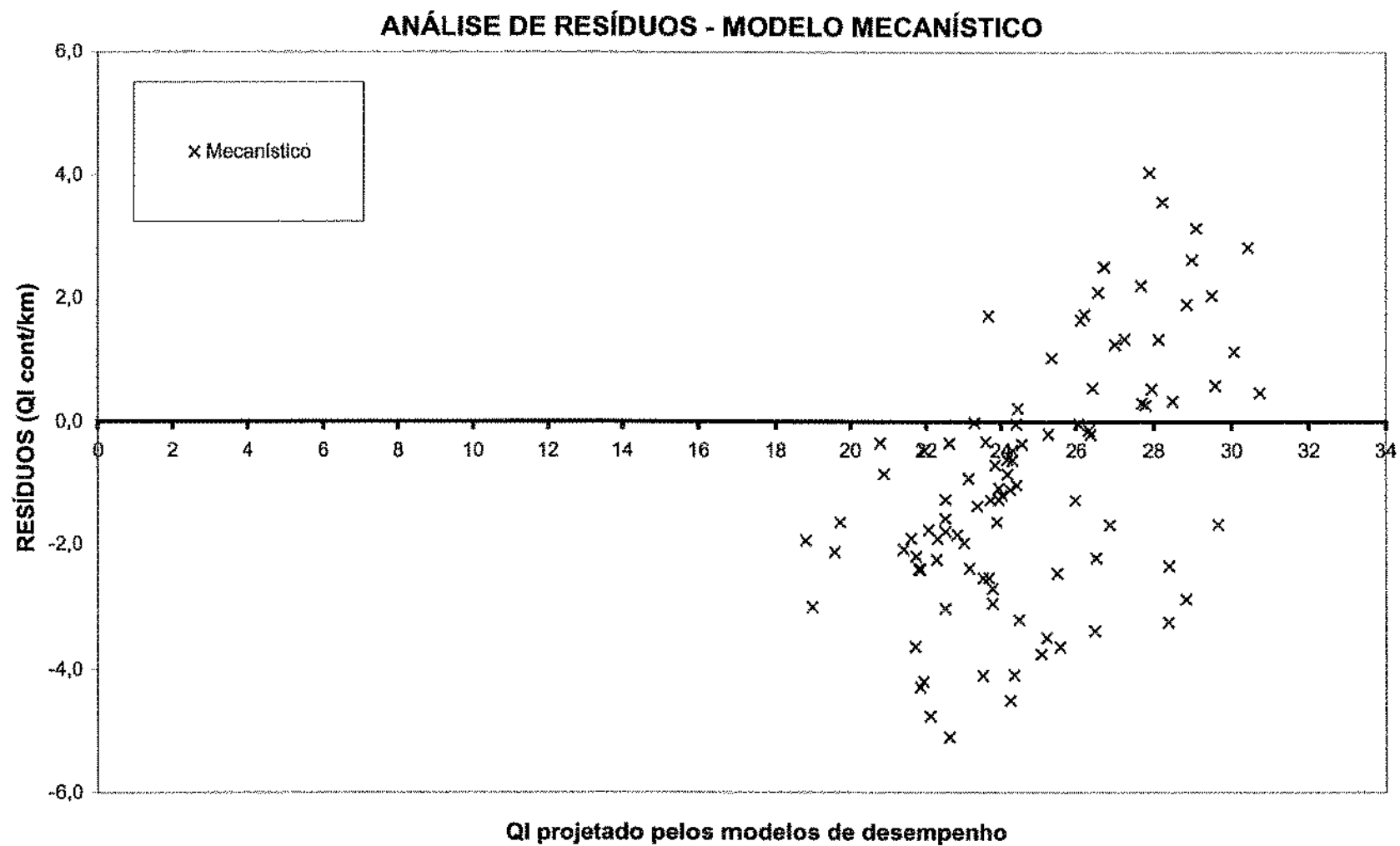


Figura 8.9: Resíduos entre o QI estimado pelo modelo de SALEH, MAMLOUK E OWUSU-ANTWI e o medido em campo.

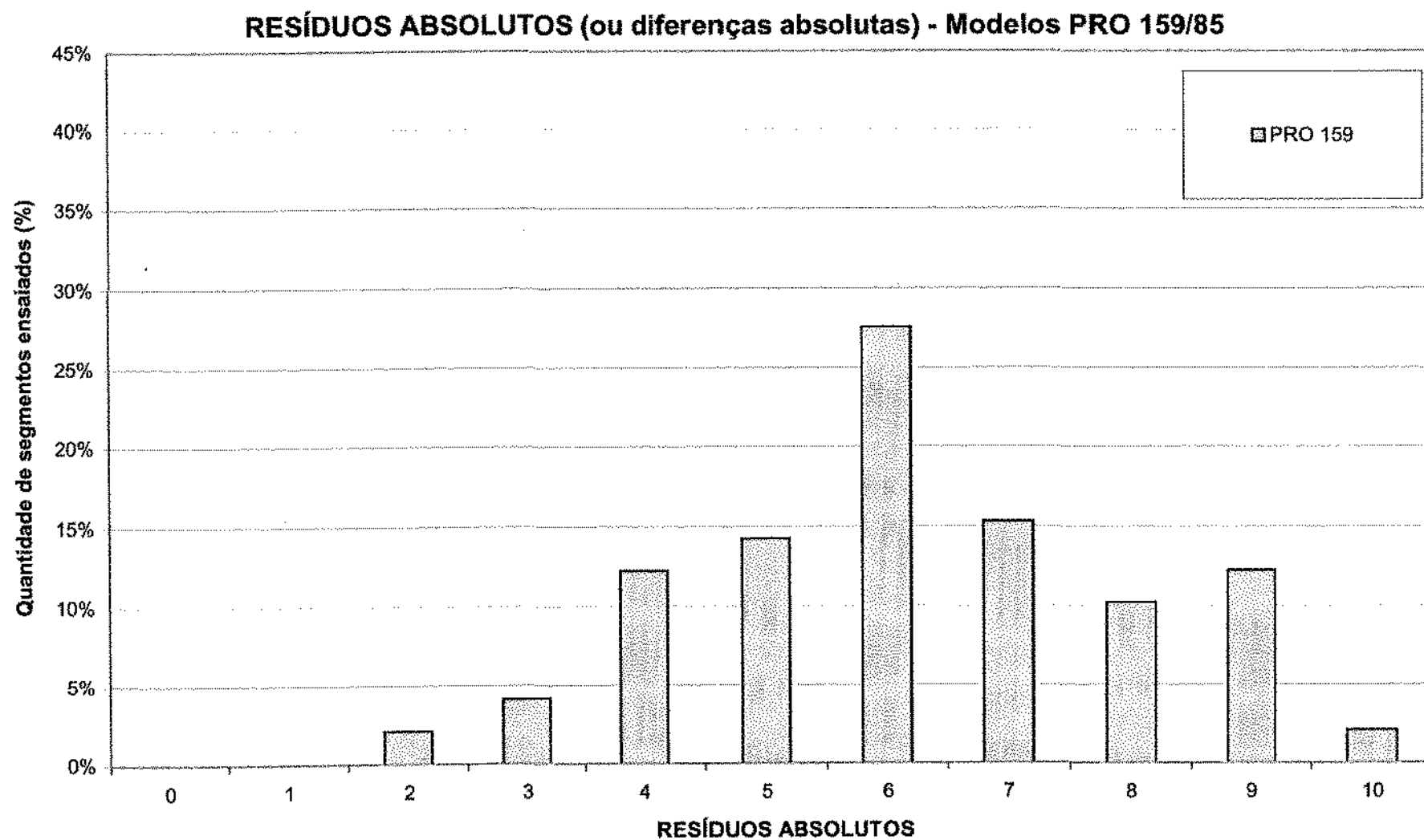


Figura 8.10: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo DNER PRO 159/85.

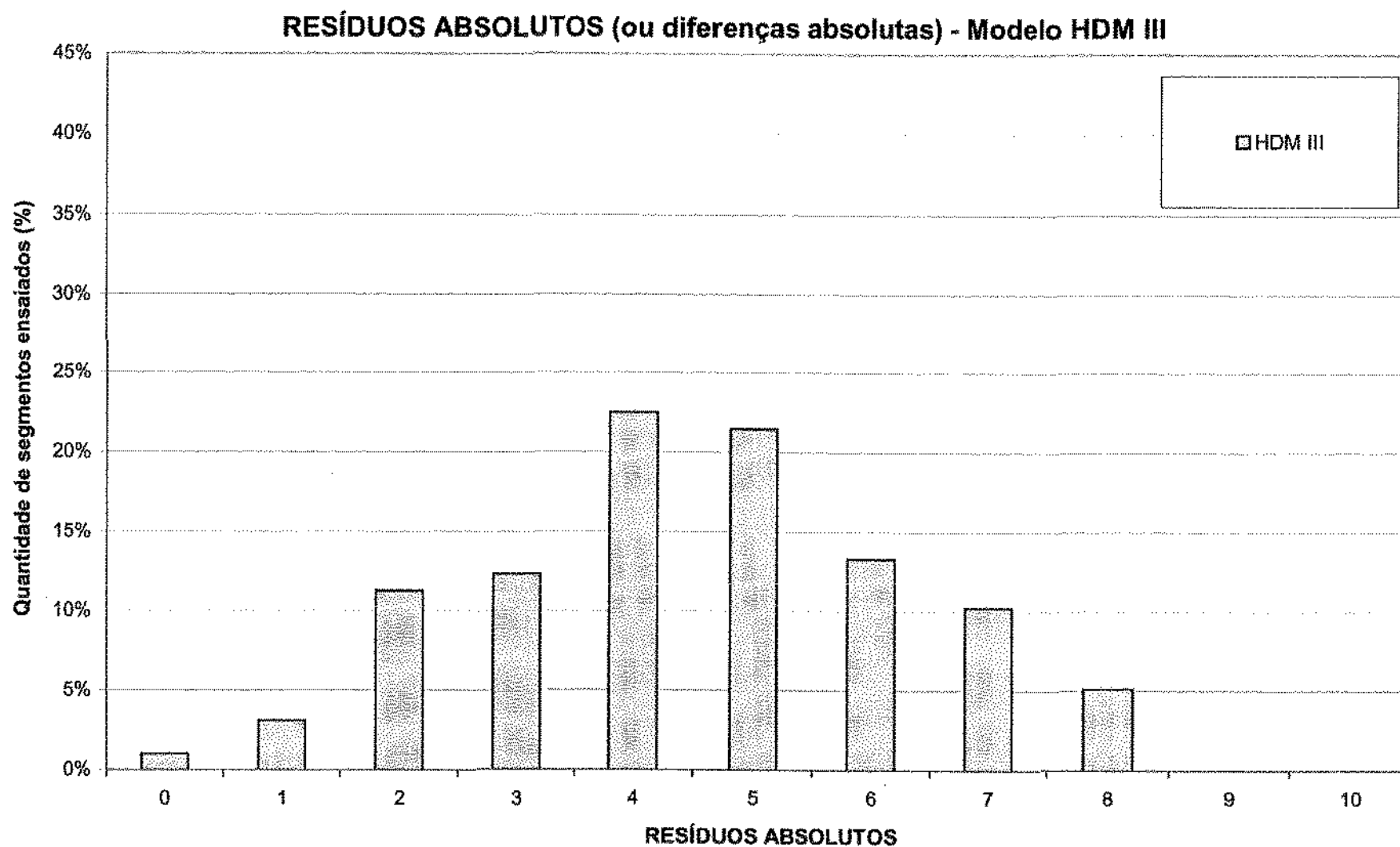


Figura 8.11: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM III.

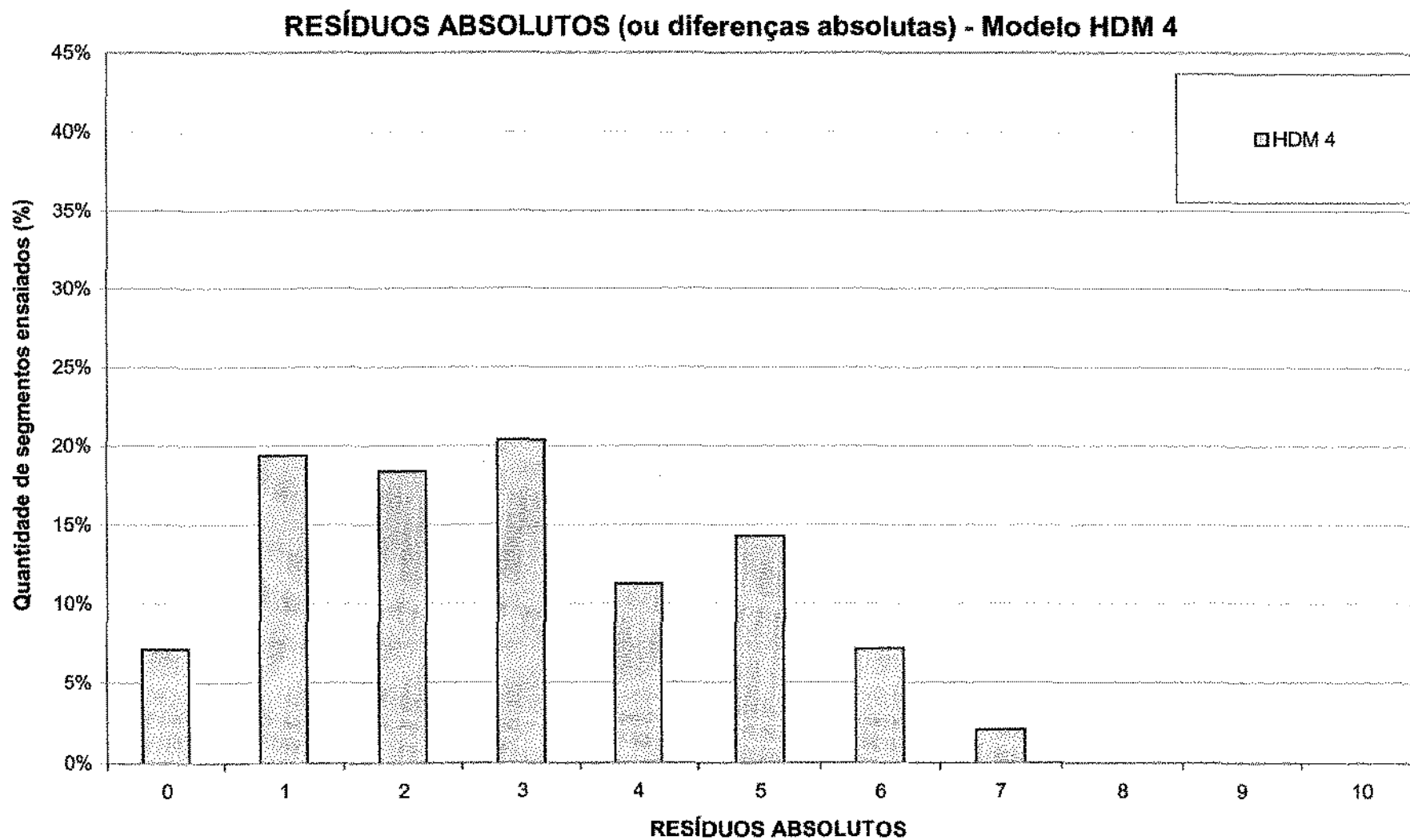


Figura 8.12: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM 4.

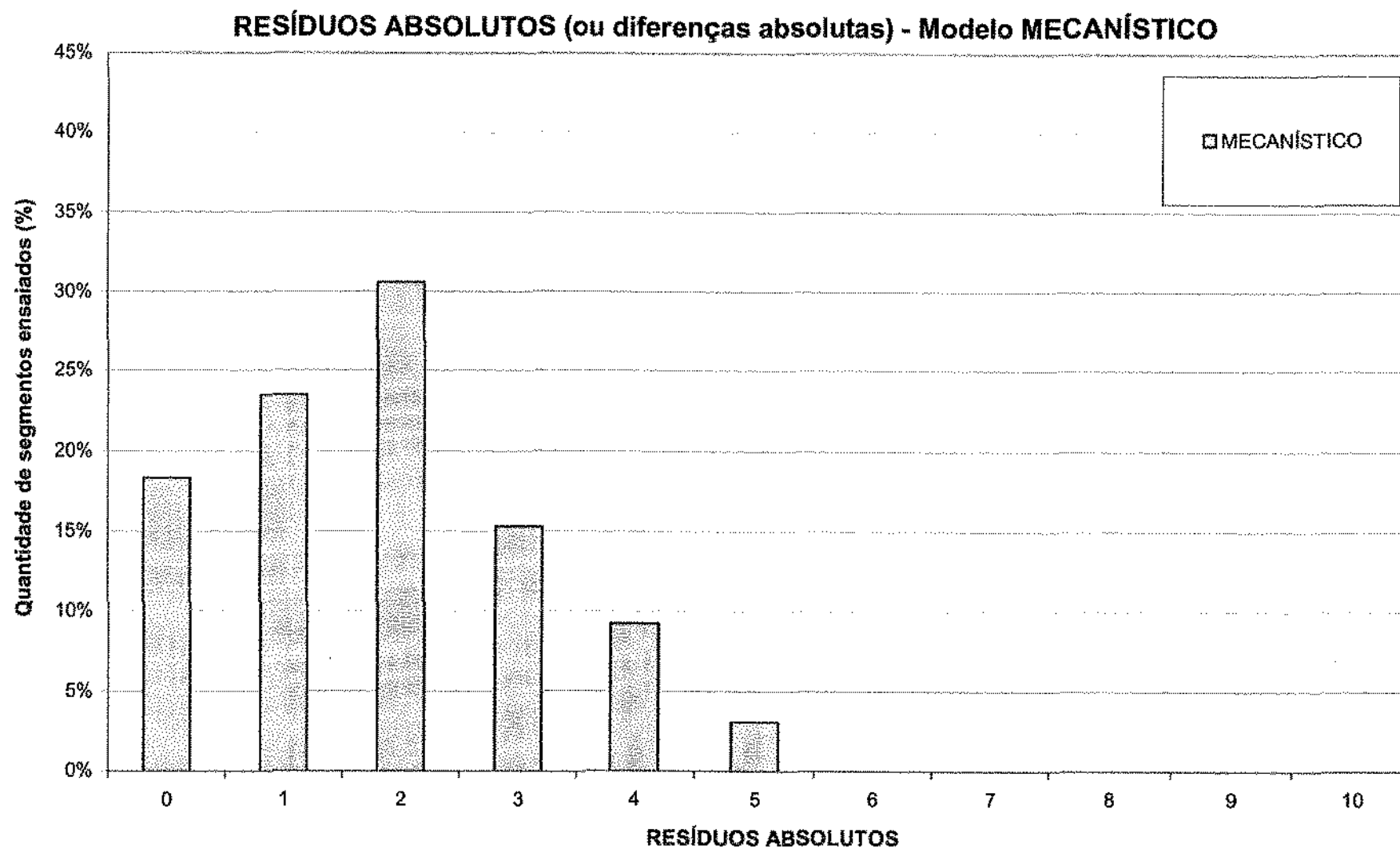


Figura 8.13: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos – modelo Mecanístico.

8.3. PROPOSIÇÃO DE AJUSTES AOS MODELOS

Considerando os resultados obtidos através da aplicação dos quatro modelos de previsão de desempenho em estudo e a necessidade de ajuste, destes resultados, para a obtenção de previsões mais próximas dos dados medidos em campo, são propostos ajustes aos modelos de desempenho, através da aplicação de fatores campo/laboratório ou da determinação de valores para os fatores de ajustes inerentes aos modelos, de modo que os novos resultados obtidos pelos modelos ajustados apresentem resultados médios, tanto para os segmentos em pavimento composto quanto para os segmentos em pavimento flexível, iguais aos obtidos em campo, e maiores coeficientes de correlação entre os dados projetados e os medidos em campo em relação aos valores obtidos através destes modelos antes dos ajustes.

Desta forma, foram feitas oito tentativas de ajuste para cada modelo, sempre observando separadamente os resultados obtidos para os segmentos com pavimento composto e os obtidos para os segmentos com pavimento flexível, através do processo de tentativa e erro; Ou seja, foram adotados valores arbitrários, na forma de fatores de ajuste para os diversos parâmetros de entrada de cada modelo como, por exemplo, irregularidade longitudinal inicial, trincamento inicial, número estrutural, número de operações do eixo padrão, coeficientes ambientais, etc.

Para cada tentativa de ajuste, buscou-se obter valores para os coeficientes que, além de resultarem em valores médios para a irregularidade longitudinal projetada pelos modelos igual a média dos valores levantados em campo, representassem melhores valores de correlação entre os valores estimados pelos modelos e os levantados em campo.

Em cada tentativa de ajuste, foram variados os valores de um ou mais coeficientes de ajuste até que o maior fator de correlação, entre valores estimados e medidos, fosse obtido, sendo que, ao final das tentativas de ajuste, todos os parâmetros de importância significativa para os resultados estimados pelos modelos foram objeto de ajustes.

Após a execução das diversas tentativas de ajuste, foram escolhidos os fatores de ajuste que conduziram aos melhores coeficientes de correlação entre dados medidos e estimados para o ano de 2.003, analisando separadamente os trechos com pavimento composto e os com pavimento flexível.

A tabela 8.2 apresenta os valores de todos os fatores de ajuste estudados, destacando os que apresentaram melhores resultados, que são, portanto, os propostos pelo estudo para serem utilizados, como fatores de ajuste, em casos de aplicação dos modelos de desempenho estudados, a pavimentos em condições similares aos que fizeram parte deste experimento.

A tabela 8.3 apresenta os resultados obtidos em cada tentativa de ajuste e, em destaque, os melhores resultados obtidos com os fatores de ajuste selecionados pelo estudo, apresentando a diferença entre a média dos valores estimados pelos modelos e a média da irregularidade longitudinal medida em campo, o coeficiente de correlação (r) e de determinação (r^2).

A Figura 8.14 apresenta um gráfico com a comparação entre o levantamento de campo de irregularidade longitudinal realizado no ano de 1.998, o levantamento de campo realizado em 2.003 e as projeções para a irregularidade no ano de 2.003, de cada modelo de previsão de desempenho, após os ajustes propostos.

No gráfico da figura 8.14 nota-se que os valores estimados pelos quatro modelos ajustados se aproximaram muito dos valores reais medidos em campo, o que indica o sucesso dos ajustes propostos neste estudo.

As Figuras 8.15, 8.16, 8.17 e 8.18, apresentam os gráficos de valores estimados pelos modelos ajustados *versus* valores de irregularidade longitudinal medidos em campo com os integradores tipo resposta, a curva de tendência linear, a sua equação e o respectivo coeficiente de determinação.

As Figuras 8.15, 8.16 e 8.17, demonstram que os ajustes nos modelos do DNER PRO 159/85, HDM III e HDM 4 resultaram em translação da curva de tendência linear que melhor representa a

relação valores estimados pelos modelos de desempenho *versus* valores medidos em campo, que passou a interceptar a linha de 45° (que representa a igualdade entre valores estimados e valores medidos em campo), o que retrata a aproximação entre os valores estimados pelos modelos e os valores medidos.

As Figuras 8.15, 8.16 e 8.18, demonstram ainda que as curvas de tendência linear dos modelos de desempenho do DNER PRO 159/85, HDM III e modelo mecanístico, não sofreram uma rotação significativa em relação à linha de 45° , o que explica o fato dos valores do coeficiente de determinação da curva de tendência linear não terem sofrido melhoras significativas.

A Figura 8.17 que representa o modelo HDM 4 retrata uma melhora acentuada no coeficiente de determinação deste modelo, o que indica uma maior correlação dos dados estimados por este modelo com os dados reais medidos em campo.

As Figuras 8.19, 8.20, 8.21 e 8.22, apresentam a distribuição dos resíduos obtidos entre os valores estimados pelos modelos e os valores medidos em campo.

Nestes gráficos nota-se que os modelos do DNER PRO 159/85, do HDM III e do HDM 4, que apresentavam a grande maioria dos resíduos abaixo de zero e com valores absolutos atingindo 10 unidades de QI, após os ajustes apresentaram grande diminuição nos valores absolutos resíduos (variando entre 0 e 5) e apresentaram distribuição dos resíduos em torno do eixo das abscissas (valor zero).

As figuras 8.23, 8.24, 8.25 e 8.26, consistem em histogramas que apresentam a porcentagem de segmentos dentre o total de segmentos estudados *versus* as faixas de valores dos resíduos absolutos, para cada modelo ajustado. Nos quatro gráficos de distribuição de resíduos, para os quatro modelos estudados, houve diminuição do número de segmentos de análise com resíduos elevados, se comparados aos gráficos que apresentavam a distribuição de resíduos dos modelos sem os ajustes propostos (Figuras 8.10, 8.11, 8.12 e 8.13), corroborando a validade dos ajustes propostos. Observa-se ainda que os modelos que apresentavam mais segmentos com resíduos de grande magnitude, foram os que apresentaram maiores diminuições nos resíduos.

Ao se comparar os resultados (média dos valores levantados, coeficiente de correlação e gráfico de resíduos) obtidos pelos modelos sem ajuste, com os resultados obtidos com os valores ajustados através dos fatores selecionados, observa-se uma sensível aproximação dos resultados estimados pelos modelos em relação aos resultados medidos em campo, para todos os modelos estudados, havendo melhoras significativas, como era de se esperar, nos modelos que apresentaram valores estimados mais distantes dos valores projetados para os modelos sem ajustes.

Ou seja, ainda que o aumento dos fatores de correlação não tenha sido expressivo quando comparados os modelos ajustados com os modelos sem ajuste, salvo no modelo HDM 4 que apresentou expressiva melhora no r^2 , observou-se grande diminuição dos resíduos. Isso significa que a reta que melhor representa os resultados obtidos pelos modelos de desempenho em relação aos dados medidos em campo sofreu uma translação, se aproximando da reta de 45°, mas não sofreu a rotação necessária para elevar o valor do coeficiente de correlação.

Discriminação dos fatores		PAVIMENTO COMPOSTO								PAVIMENTO FLEXÍVEL								MELHOR AJUSTE	
		Tent 1	Tent 2	Tent 3	Tent 4	Tent 5	Tent 6	Tent 7	Tent 8	Tent 1	Tent 2	Tent 3	Tent 4	Tent 5	Tent 6	Tent 7	Tent 8	Semi Rígido	Flexível
		f	fna	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'	fna'		
PRO 159/85	f	1,316	1,326	1,325	1,375	1,327	1,190	1,190	1,184	1,316	1,264	1,264	1,658	1,512	1,000	1,437	1,394	1,190	1,437
	fna	1,000	1,000	1,000	1,036	1,036	1,036	1,036	1,035	1,000	1,000	1,000	1,199	1,199	1,000	1,202	1,200	1,036	1,202
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,035	1,000	1,035	1,035	1,000	1,000	1,000	1,000	1,060	1,000	1,071	1,100	1,035	1,071
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
HDM III	f	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
HDM 4	f	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mecanístico	f	1,497	1,421	1,370	1,511	1,241	1,500	8,800	8,025	1,497	2,230	1,801	2,003	1,804	2,000	0,700	0,850	0,900	0,700
	fna	1,038	1,043	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,040	1,038	1,013	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,040	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	fna'	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabela 8.2: Fatores de ajuste estudados.

TENTATIVAS			Tent 1	Tent 2	Tent 3	Tent 4	Tent 5	Tent 6	Tent 7	Tent 8	Melhor Ajuste
PRO 159/85	Todos os trechos	Dif QI_M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,687	0,673	0,673	0,681	0,682	0,691	0,699	0,699	0,699
		r ²	0,472	0,453	0,453	0,464	0,465	0,478	0,489	0,489	0,489
	Pav Com posto	Dif QI_M	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,635	0,635	0,635	0,635	0,636	0,651	0,651	0,651	0,651
		r ²	0,404	0,404	0,404	0,403	0,404	0,424	0,424	0,424	0,424
	Pav Flexível	Dif QI_M	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,694	0,694	0,694	0,739	0,740	0,694	0,741	0,735	0,741
		r ²	0,481	0,481	0,481	0,546	0,548	0,481	0,548	0,540	0,548
HDM III	Todos os trechos	Dif QI_M	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,329	0,391	0,540	0,685	0,689	0,696	0,697	0,663	0,698
		r ²	0,108	0,153	0,291	0,469	0,474	0,484	0,486	0,440	0,487
	Pav Com posto	Dif QI_M	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,312	0,336	0,482	0,648	0,652	0,662	0,663	0,627	0,663
		r ²	0,098	0,113	0,232	0,419	0,426	0,439	0,440	0,393	0,440
	Pav Flexível	Dif QI_M	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,720	0,719	0,720	0,717	0,721	0,716	0,717	0,713	0,721
		r ²	0,519	0,517	0,518	0,514	0,520	0,513	0,514	0,508	0,520
HDM 4	Todos os trechos	Dif QI_M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,420	0,564	0,580	0,583	0,557	0,583	0,636	0,638	0,638
		r ²	0,176	0,319	0,337	0,340	0,311	0,340	0,405	0,407	0,407
	Pav Com posto	Dif QI_M	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,453	0,467	0,484	0,483	0,463	0,483	0,541	0,546	0,546
		r ²	0,206	0,218	0,234	0,233	0,215	0,234	0,293	0,298	0,298
	Pav Flexível	Dif QI_M	-2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,722	0,719	0,733	0,732	0,729	0,732	0,780	0,778	0,780
		r ²	0,522	0,517	0,537	0,536	0,532	0,536	0,609	0,606	0,609
Mecanístico	Todos os trechos	Dif QI_M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,686	0,675	0,674	0,687	0,675	0,681	0,689	0,688	0,688
		r ²	0,470	0,456	0,454	0,473	0,456	0,464	0,474	0,474	0,474
	Pav Com posto	Dif QI_M	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,635	0,635	0,631	0,648	0,635	0,641	0,649	0,649	0,649
		r ²	0,403	0,403	0,398	0,419	0,403	0,411	0,421	0,421	0,421
	Pav Flexível	Dif QI_M	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		r	0,715	0,715	0,717	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715	0,717
		r ²	0,511	0,511	0,514	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,514

Tabela 8.3: Resultados obtidos com os fatores de ajuste estudados.

Comparação entre o QI medido e o estimado pelos 4 modelos AJUSTADOS

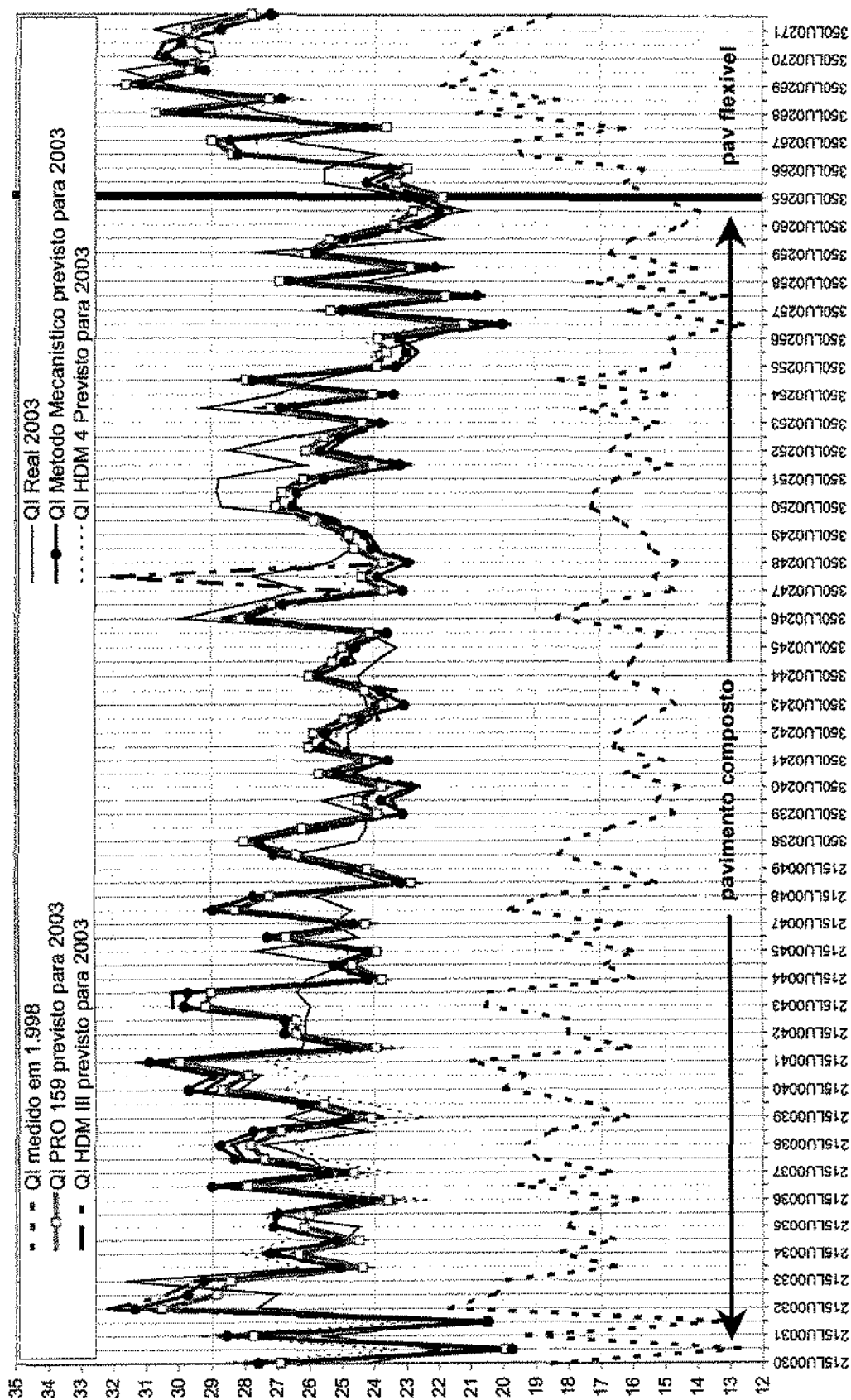


Figura 8.14: Comparação entre valores medidos e valores projetados através dos modelos de desempenho ajustados.

QI 2003: Valores Projetados pelo PRO 159 AJUSTADO x valores medidos

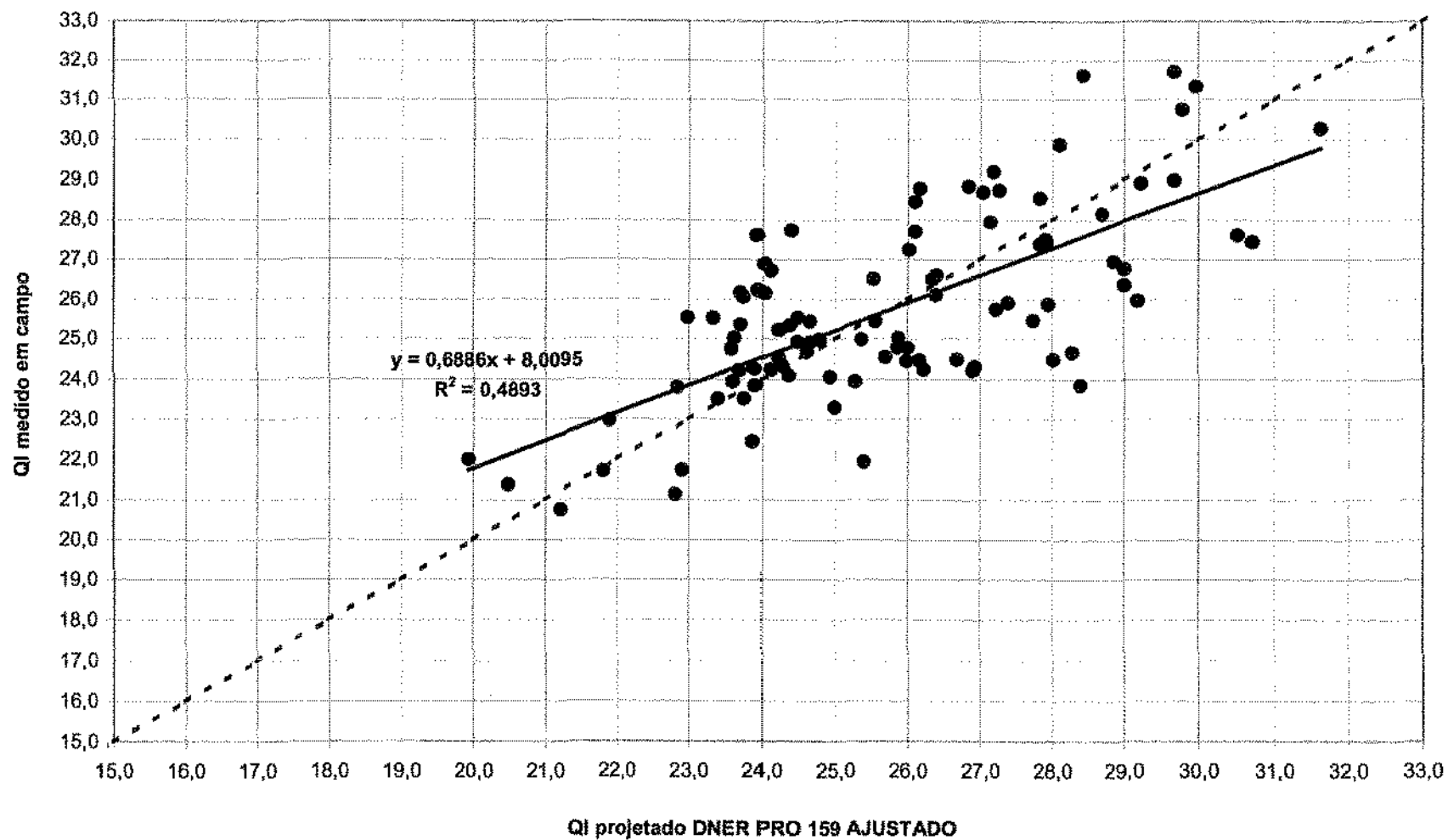


Figura 8.15: Valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 Ajustado *versus* valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo HDM III AJUSTADO x valores medidos

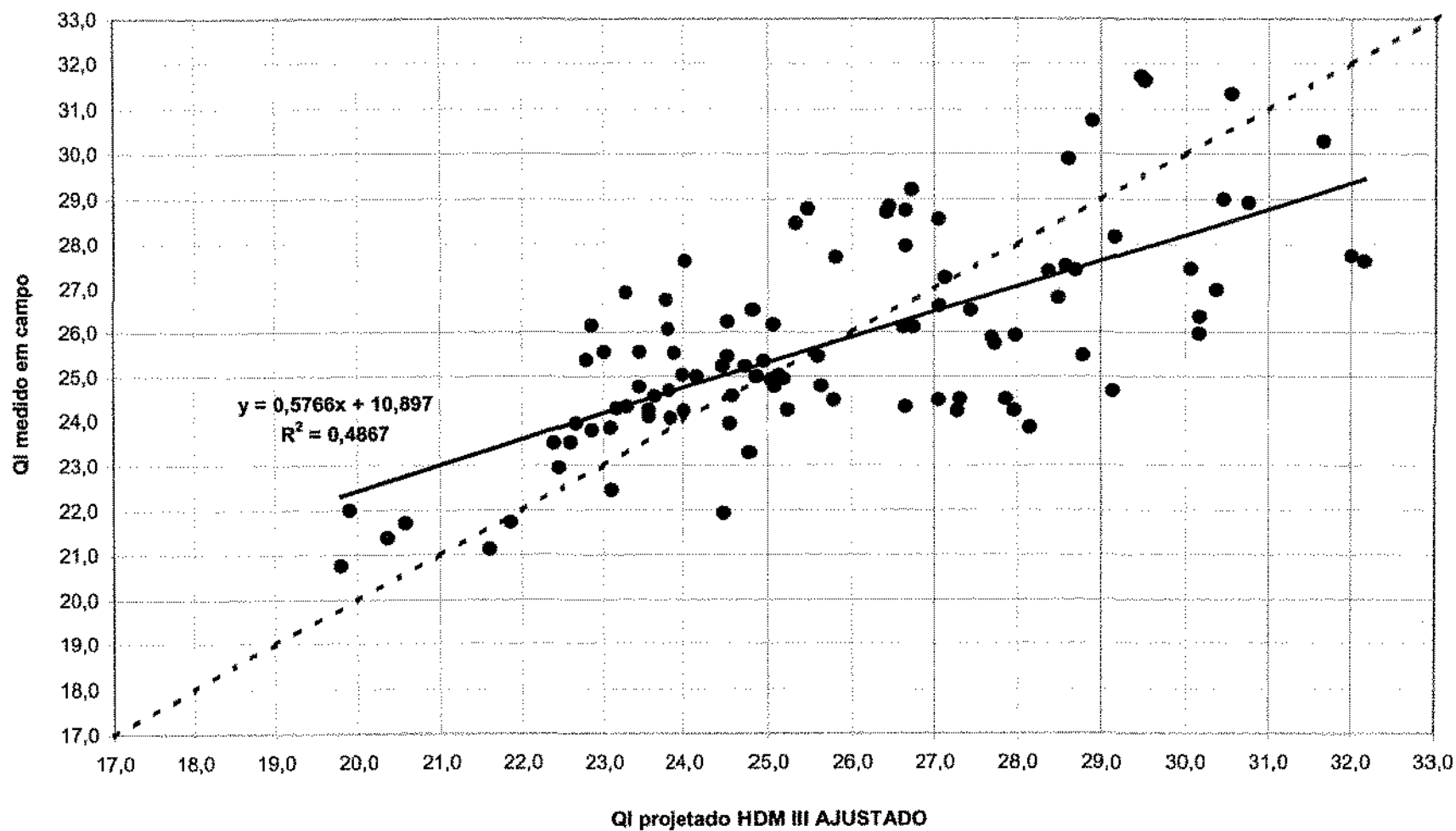


Figura 8.16: Valores estimados pelo modelo HDM III Ajustado *versus* valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo HDM 4 AJUSTADO x valores medidos

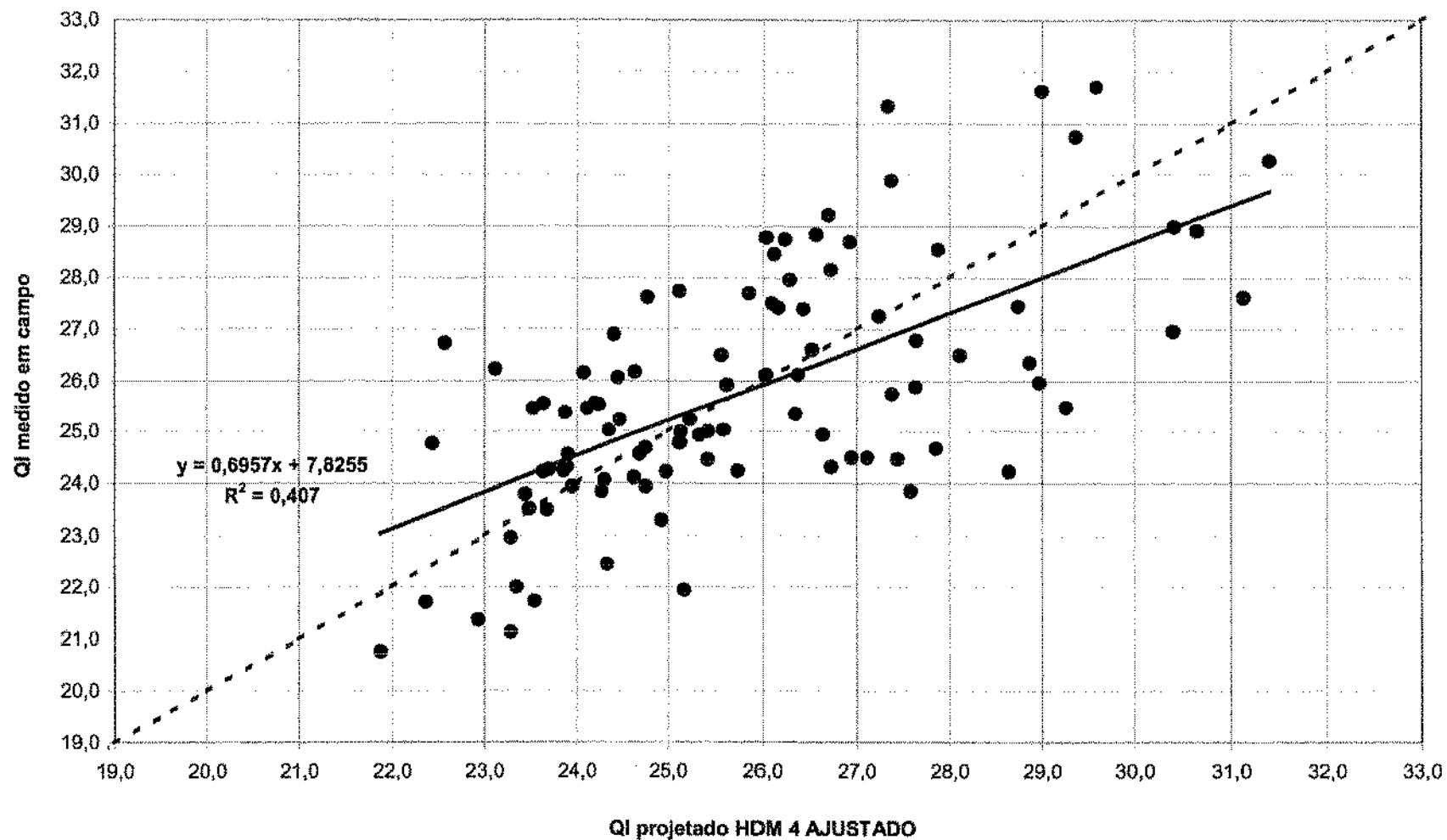


Figura 8.17: Valores estimados pelo modelo HDM 4 Ajustado *versus* valores medidos em campo.

QI 2003: Valores Projetados pelo método Mecanístico AJUSTADO x valores medidos

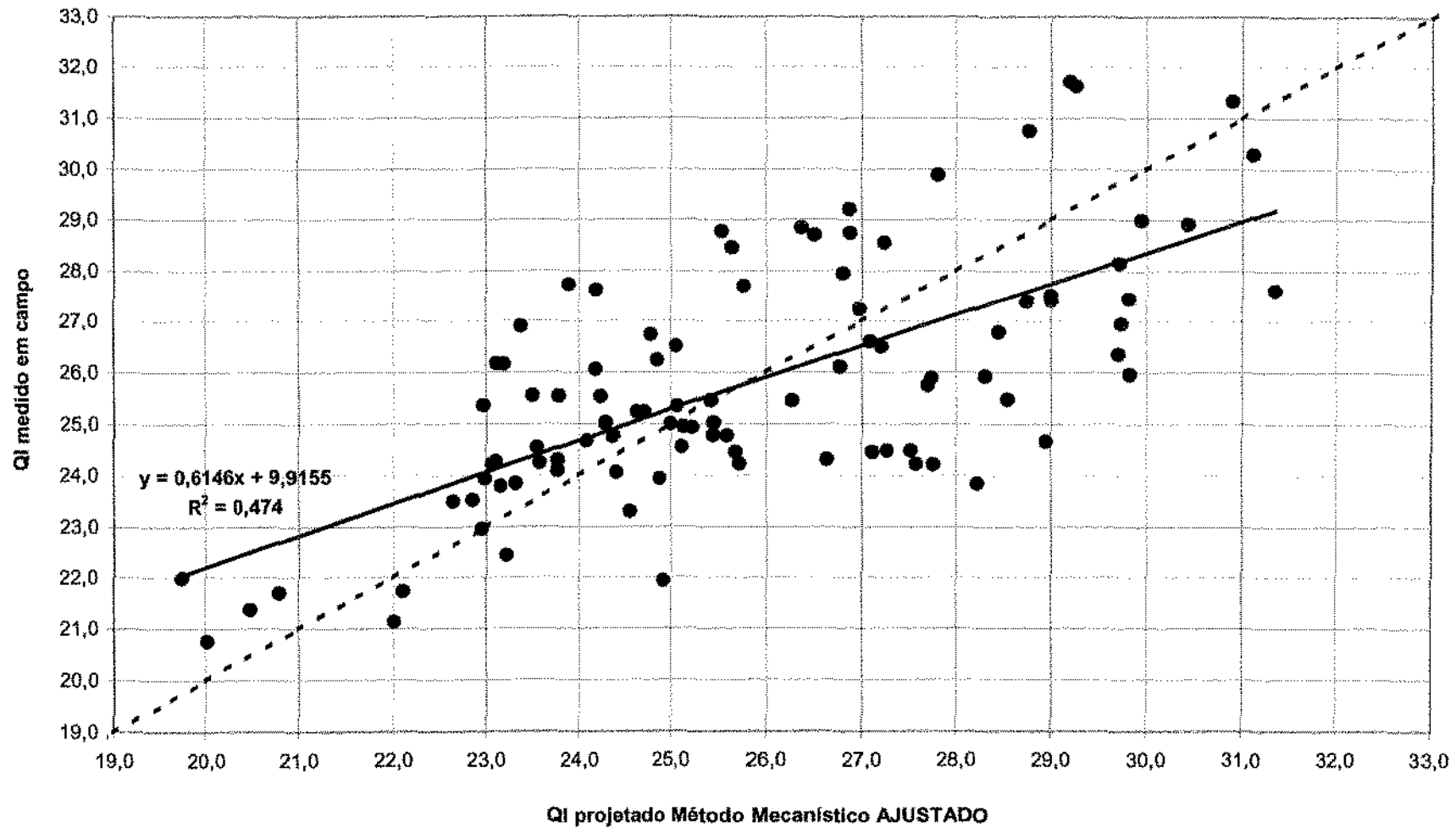


Figura 8.18: Valores estimados pelo modelo MECANÍSTICO Ajustado *versus* valores medidos em campo.

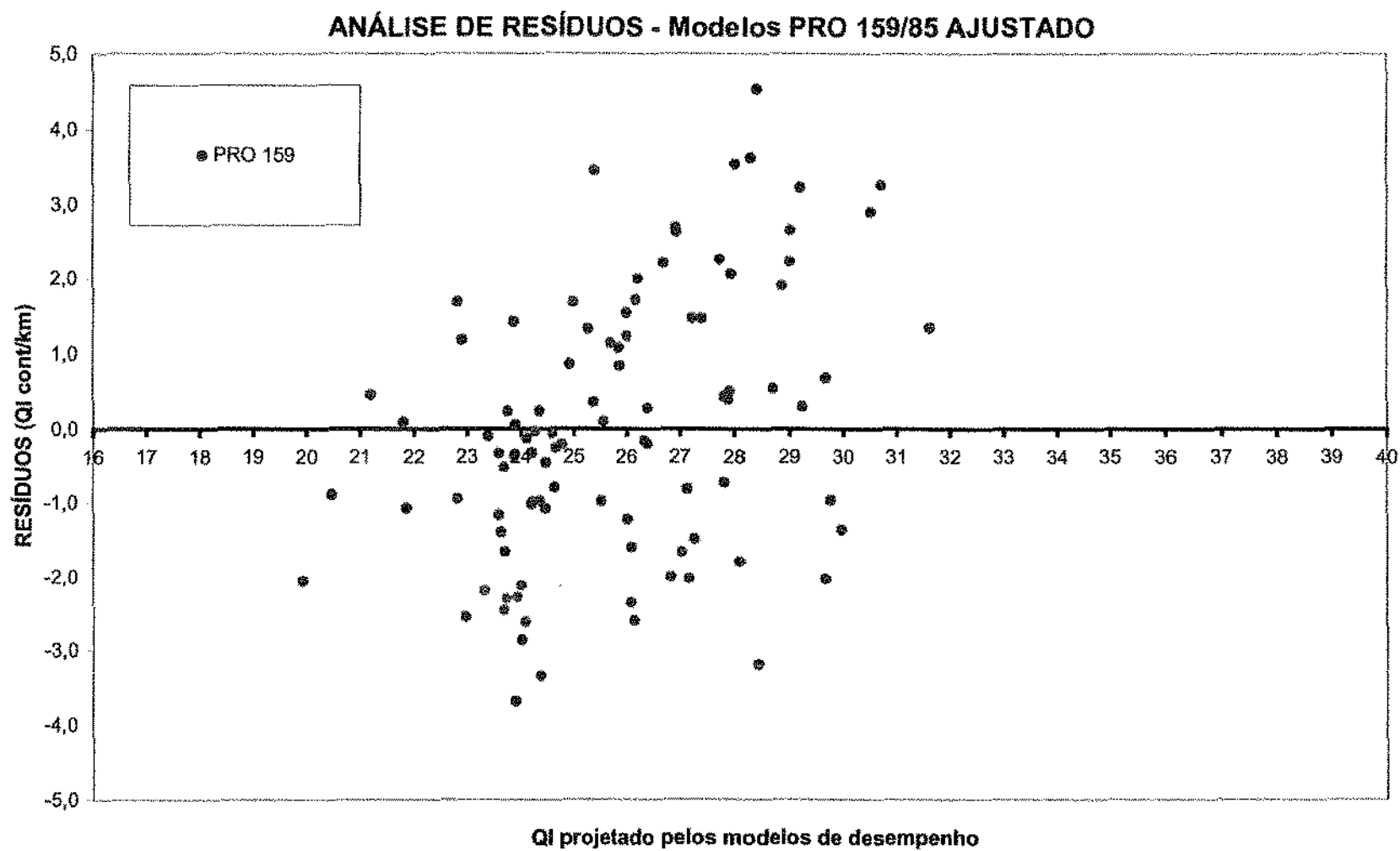


Figura 8.19: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo DNER PRO 159/85 Ajustado e os valores medidos em campo.

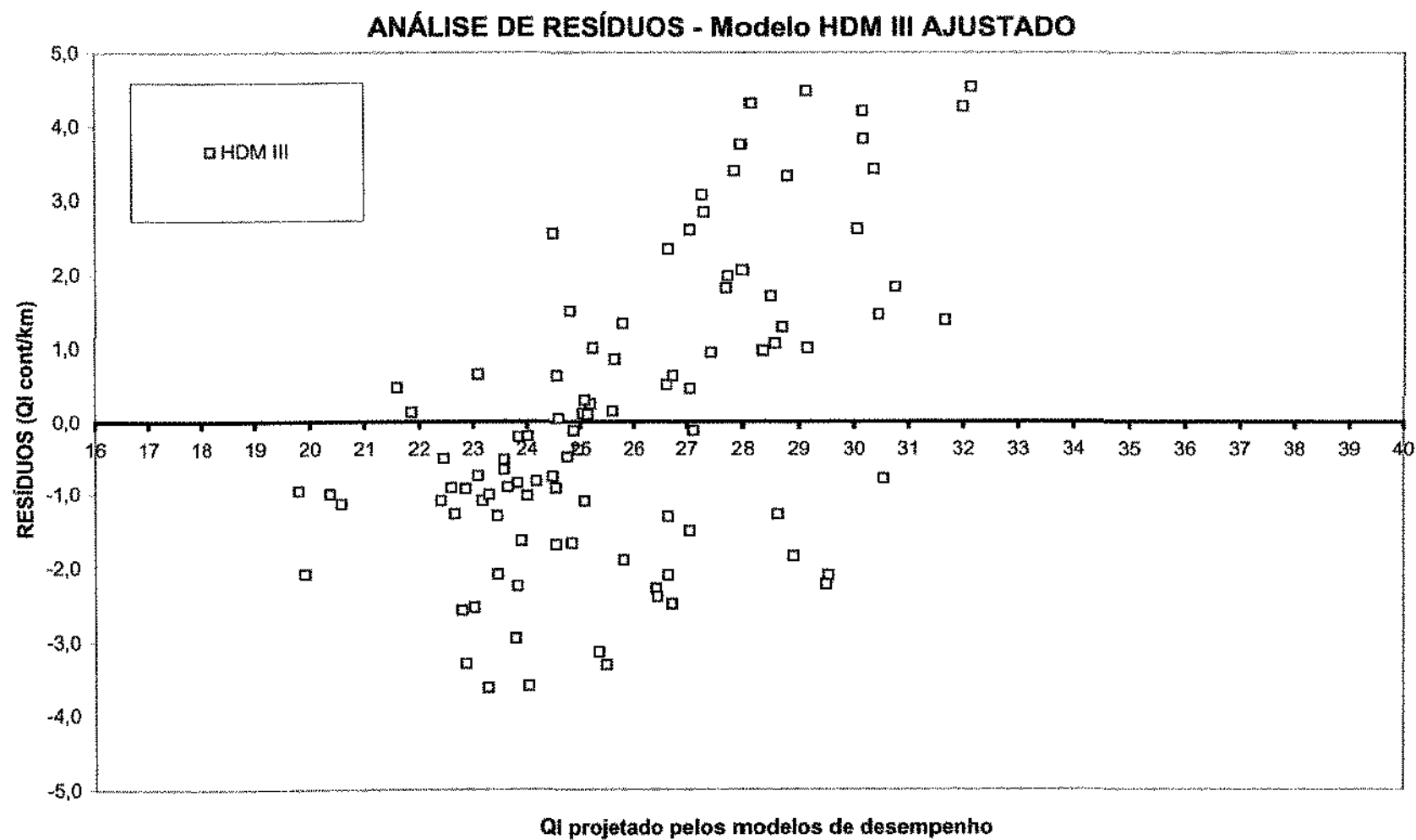


Figura 8.20: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM III Ajustado e os valores medidos em campo.

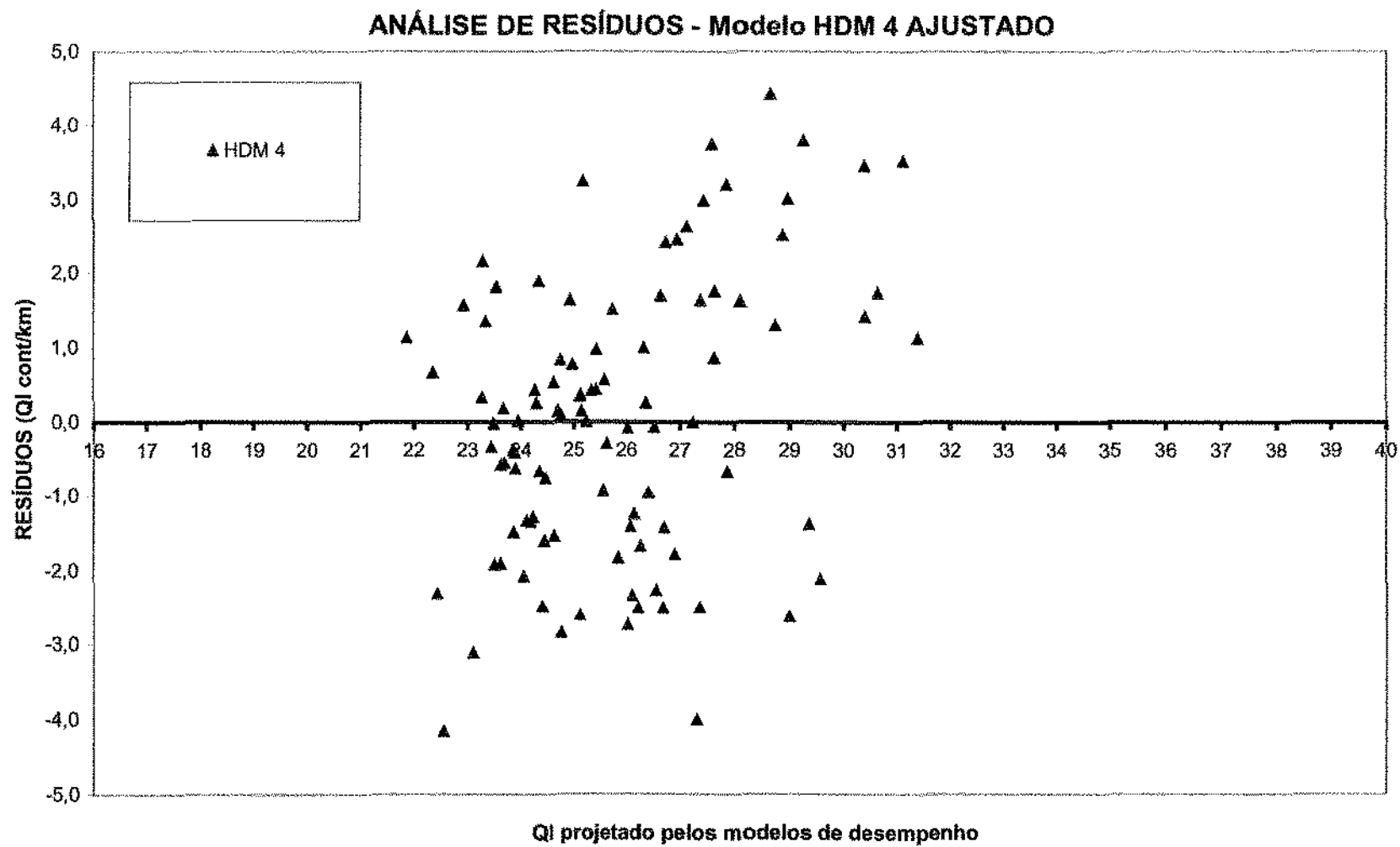


Figura 8.21: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo HDM 4 Ajustado e os valores medidos em campo.

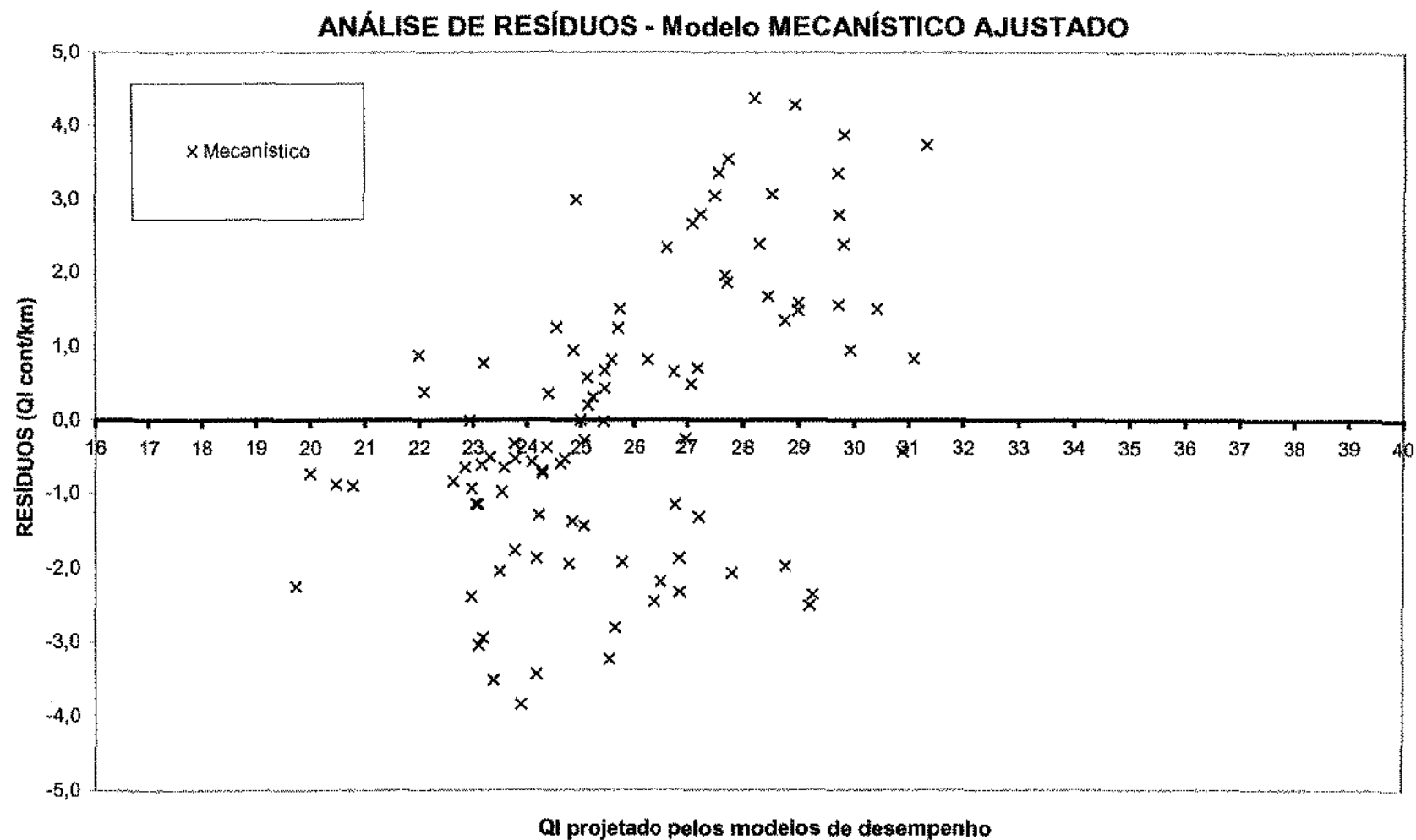


Figura 8.22: Resíduos entre os valores estimados pelo modelo MECANÍSTICO Ajustado e os valores medidos em campo.

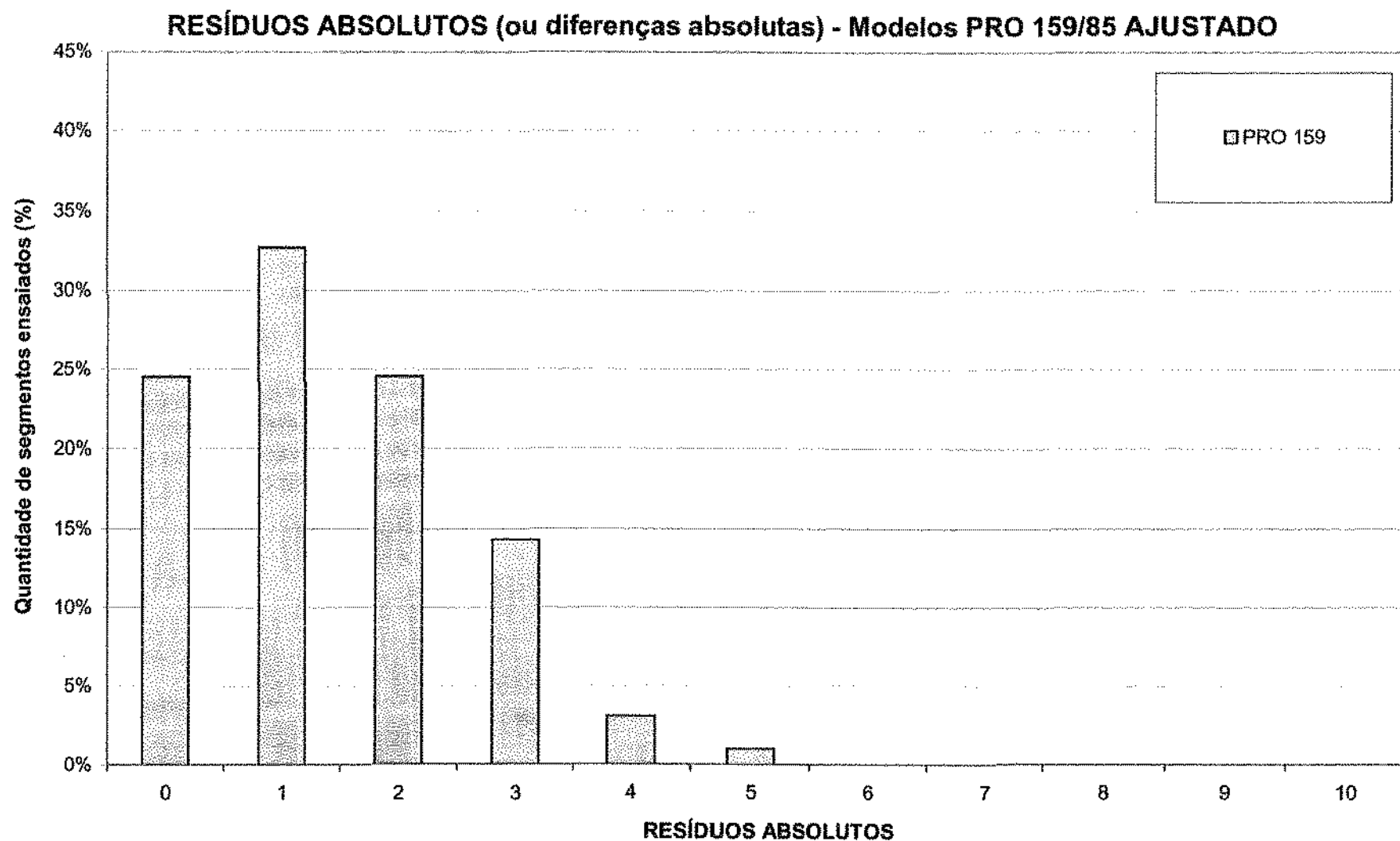


Figura 8.23: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo DNER PRO 159/85 Ajustado.

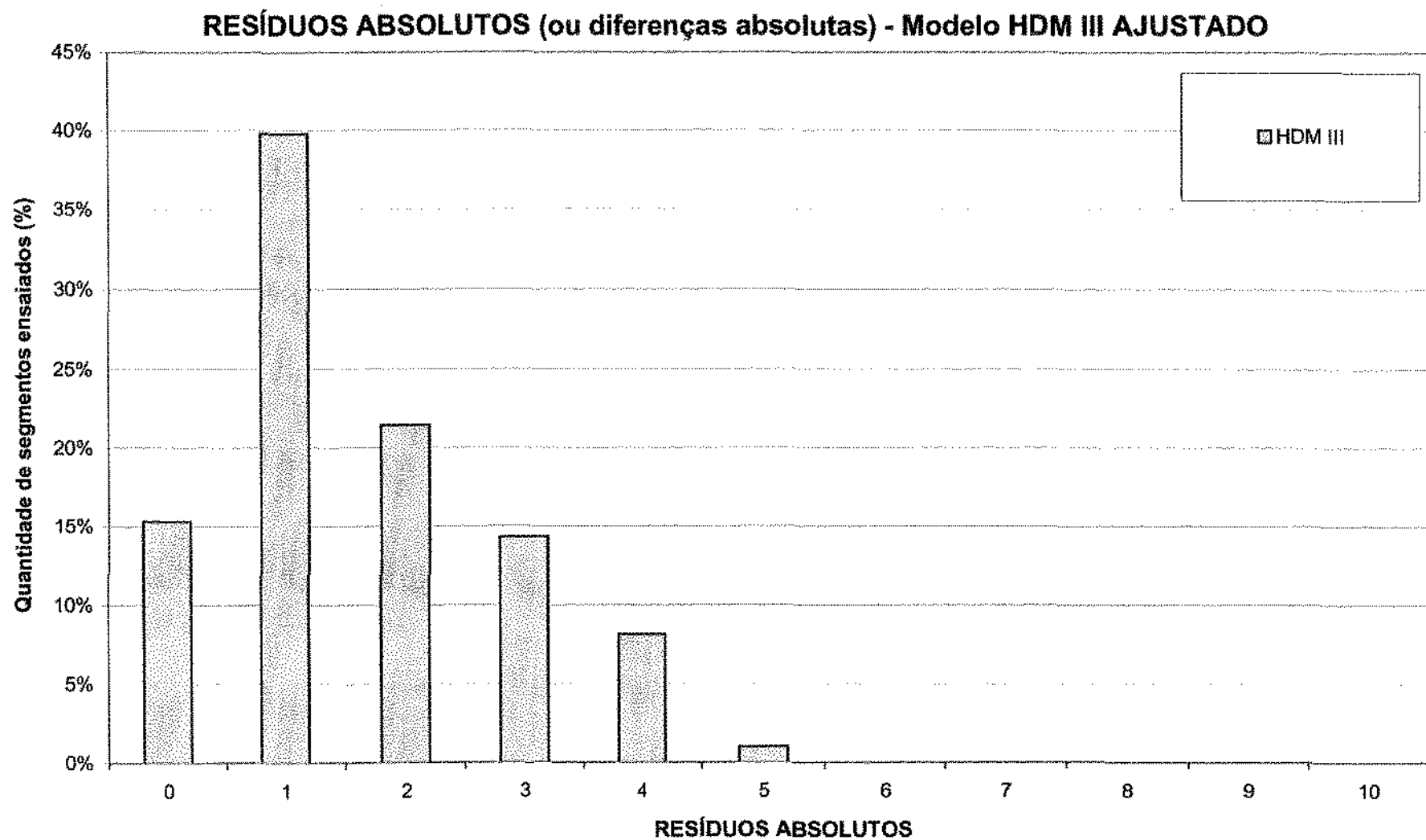


Figura 8.24: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM III Ajustado.

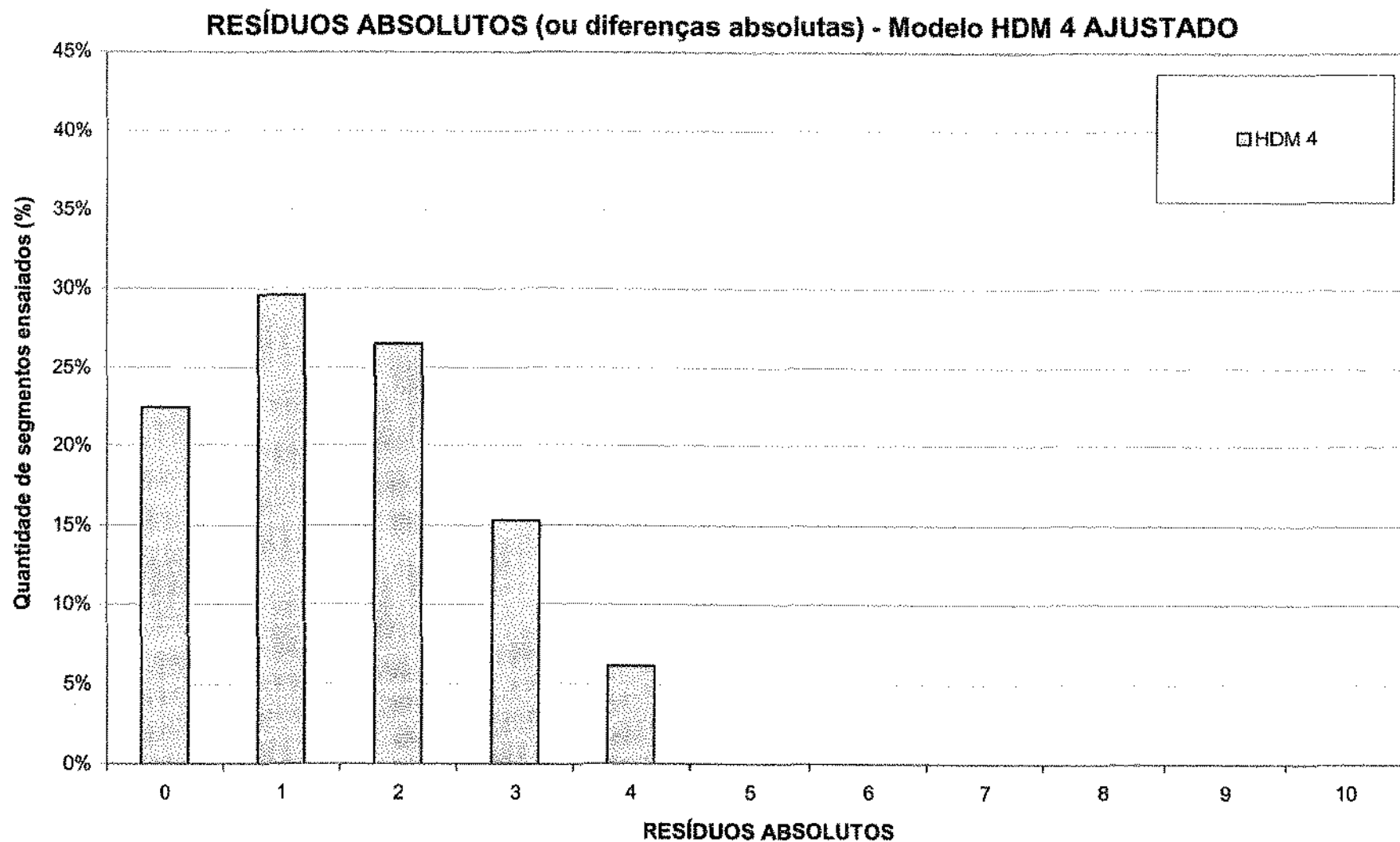


Figura 8.25: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos - modelo HDM 4 Ajustado.

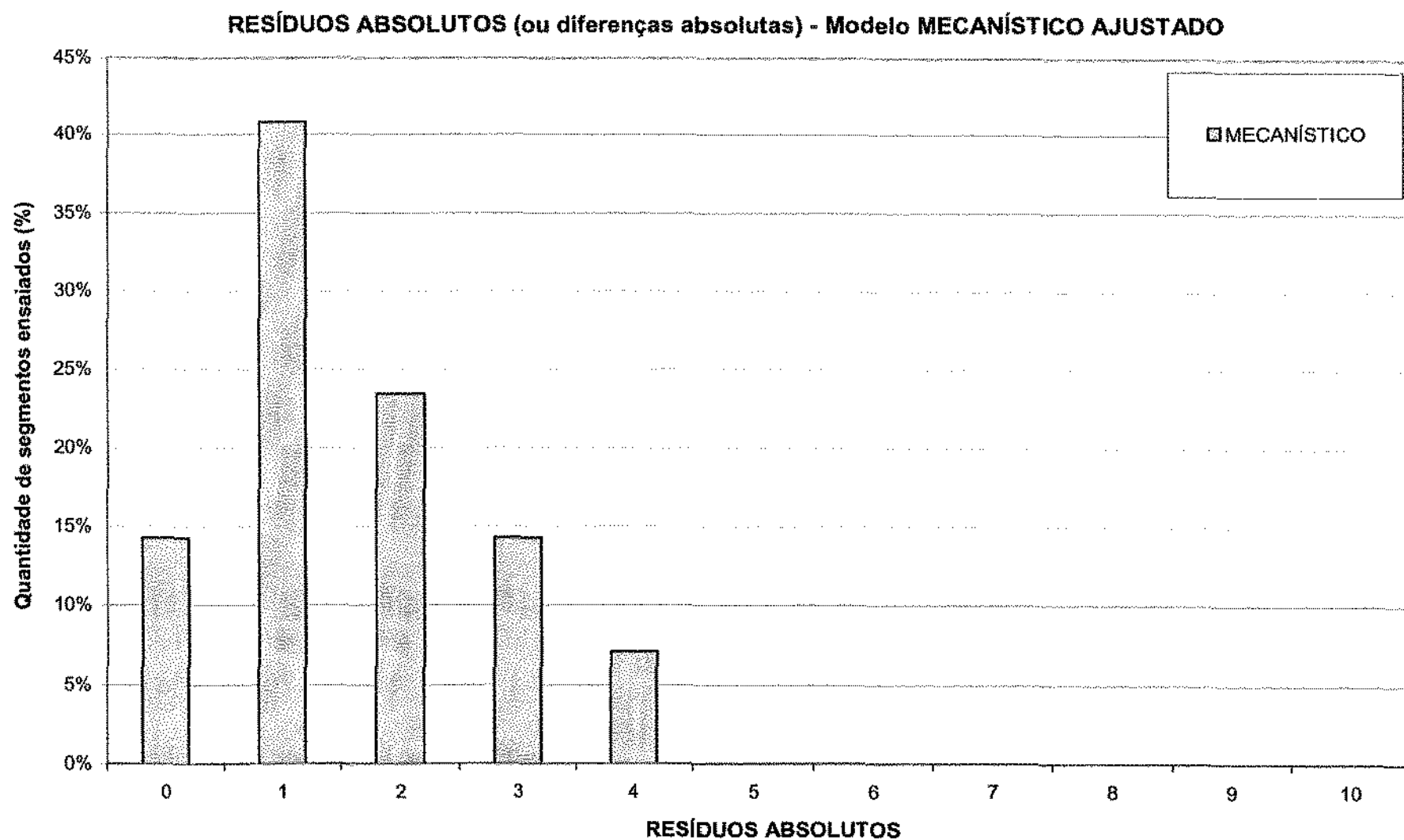


Figura 8.26: Quantidade percentual de segmentos para cada faixa de valor de resíduos absolutos – modelo Mecanístico Ajustado.

8.4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O estudo conduzido nesta dissertação, comparou quatro modelos de previsão de desempenho para irregularidade longitudinal, difundidos nacional e internacionalmente, buscando determinar as diferenças existentes entre as previsões de cada modelo e a proposição de fatores de ajuste aos parâmetros mais importantes de cada modelo, de modo que as previsões realizadas através dos modelos ajustados se aproximassem o máximo possível dos levantamentos de irregularidade longitudinal, realizados em campo, através de aparelhos integradores tipo resposta.

Para isso foram escolhidos noventa e oito segmentos representativos da malha em estudo, com extensão de um quilômetro e, então, realizados diversos levantamentos de campo, abrangendo a determinação de irregularidade longitudinal, deflectometria, inventário de superfície, incluindo a determinação da área trincada, do afundamento nas trilhas de roda, de afundamentos localizados e outros defeitos superficiais, furos de sondagem para a determinação da espessura das camadas do pavimento e do CBR do subleito, determinação da solicitação do tráfego, através do número N e obtenção de dados ligados ao meio ambiente, como precipitação média anual, etc.

O primeiro ciclo de levantamentos foi realizado no ano de 1.998, e serviu de alimentação para os modelos de previsão de desempenho estudados, de forma que pudessem ser geradas previsões para a irregularidade dos pavimentos cinco anos após os levantamentos iniciais, ou seja, prevendo qual seria a irregularidade longitudinal de cada segmento no ano de 2.003.

Objetivando fornecer dados reais, para comparação com os valores de irregularidade longitudinal estimados pelos modelos de desempenho, no ano de 2.003, foi realizado novo levantamento de irregularidade com integrador tipo resposta.

Os modelos de desempenho escolhidos para serem objeto desta dissertação destacam-se dentre os demais, posto que são extremamente difundidos tanto em território nacional, que é o caso do Procedimento 159/85 do DNER, quanto internacionalmente, como no caso dos modelos do HDM III e do HDM 4. O HDM III largamente utilizado em diversos países, inclusive no Brasil, e o

segundo, que se trata de uma versão mais nova e completa do primeiro e que chegou ao mercado recentemente, já vem ganhando espaço e deve substituir o primeiro nos próximos anos. Os modelos HDM, seja a versão III ou a versão 4, são muito difundidos no meio técnico rodoviário, posto que são essenciais para estudos de viabilidade e retorno de empreendimentos que necessitem de financiamentos externos. O quarto modelo estudado, é o modelo mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI, publicado no Transportation Research Board de 2.000.

A comparação entre as estimativas de irregularidade longitudinal dos pavimentos dos modelos de previsão de desempenho (antes da proposição de ajustes) e os levantamentos de campo, resultou nas seguintes conclusões:

- O modelo mecanístico, proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI, foi o que apresentou previsão de irregularidade mais próxima dos dados levantados em campo, tanto para os segmentos em pavimento composto, quanto para os segmentos em pavimento flexível, conforme pode ser observado na Figura 8.5.
- O modelo de previsão de irregularidade do HDM 4 apresentou projeções inferiores aos levantamentos de campo para quase todos os segmentos, e projeções pouco inferiores às do modelo mecanístico no caso do pavimento composto. Já, para os segmentos com pavimento flexível, o modelo HDM 4 apresentou estimativas mais distantes dos dados medidos em campo e do modelo mecanístico.
- Os modelo do HDM III apresentou projeções pouco mais distantes dos dados levantados do que os outros dois modelos referenciados acima.
- O modelo do PRO 159/85 foi o que apresentou estimativa mais distante dos dados levantados em campo no ano de 2.003, mostrando pequena variação entre a irregularidade longitudinal inicial (ano de 1.998) e os dados estimados pelo modelo para o ano de 2.003, sendo considerado o modelo mais conservador.
- O modelo mecanístico apresentou a média mais próxima da média dos valores medidos em campo, tanto para o pavimento composto, quanto para o pavimento flexível, ainda que o r^2 dos modelos HDM III e HDM 4 tenham apresentado valores superiores aos do modelo mecanístico para os segmentos em pavimento flexível, e o modelo PRO 159 tenha

apresentado o maior r^2 quando analisados os segmentos com pavimento composto e quando analisados todos os segmentos.

- O modelo do PRO 159/85 foi o modelo com maior grau de correlação em relação aos dados levantados em campo, posto que apresentou o maior coeficiente de correlação (r). Ainda que os coeficientes de correlação (r) dos modelos mecanístico e HDM III foram muito próximos aos do PRO 159/85, todos variaram entre aproximadamente 0,67 e 0,69.
- O modelo HDM 4, no entanto, exceto para os seguimentos em pavimento flexível ($r = 0,72$), apresentou valor de r da ordem de 0,54, sendo o modelo que pior se correlacionou com os dados levantados.
- Os resultados demonstraram a necessidade do estudo de ajustes para os modelos, visto que, em todos os casos, os valores medidos diferiram dos valores projetados.

Foram, então, realizadas diversas tentativas de ajuste dos modelos através da aplicação de fatores de multiplicação e/ou exponenciais aos principais parâmetros de cada modelo, de forma que a média dos valores estimados se igualasse à média da irregularidade medida em campo para os mesmos segmentos, e que fosse alcançado o maior coeficiente de correlação entre os valores medidos e os estimados pelos modelos.

Os resultados obtidos, com os modelos ajustados, foram considerados satisfatórios, posto que os modelos ajustados estimaram valores médios iguais às leituras médias de irregularidade longitudinal levantadas em campo e foram reduzidos os resíduos absolutos em todos os modelos. Além disso os coeficientes de correlação e determinação entre os dados estimados pelos modelos de previsão de desempenho e os valores medidos em campo foram pouco maiores, no caso dos modelos ajustados, do que os obtidos antes dos ajustes propostos, e são resumidos na tabela 8.4.

O pouco aumento conseguido para o r^2 , apesar da grande redução nos resíduos, pode ser explicado levando-se em consideração que tratam-se de modelos empíricos, que dificilmente irão apresentar coeficientes de determinação próximos de 1.

As tabelas 8.5 e 8.6 apresentam os valores dos resíduos absolutos (ou diferenças absolutas) e dos resíduos relativos (ou diferenças relativas, que consistem na proporção entre a diferença absoluta

e o valor medido), para cada modelo de desempenho estudado, antes e após o ajuste destes modelos.

MODELOS			Antes do Ajuste	Após ajuste
PRO 159/85	Todos os trechos	Dif QI_M	-6,2	0,0
		r	0,687	0,699
		r ²	0,472	0,489
	Pavimento Composto	Dif QI_M	-6,3	0,0
		r	0,635	0,651
		r ²	0,404	0,424
	Pavimento Flexível	Dif QI_M	-5,7	0,0
		r	0,694	0,741
		r ²	0,481	0,548
HDM III	Todos os trechos	Dif QI_M	-4,4	0,0
		r	0,667	0,698
		r ²	0,445	0,487
	Pavimento Composto	Dif QI_M	-4,4	0,0
		r	0,623	0,663
		r ²	0,389	0,440
	Pavimento Flexível	Dif QI_M	-4,7	0,0
		r	0,717	0,721
		r ²	0,514	0,520
HDM 4	Todos os trechos	Dif QI_M	-2,7	0,0
		r	0,544	0,638
		r ²	0,296	0,407
	Pavimento Composto	Dif QI_M	-2,4	0,0
		r	0,535	0,546
		r ²	0,286	0,298
	Pavimento Flexível	Dif QI_M	-4,4	0,0
		r	0,722	0,780
		r ²	0,521	0,609
Mecanístico	Todos os trechos	Dif QI_M	-1,0	0,0
		r	0,686	0,688
		r ²	0,470	0,474
	Pavimento Composto	Dif QI_M	-1,1	0,0
		r	0,635	0,649
		r ²	0,403	0,421
	Pavimento Flexível	Dif QI_M	-0,4	0,0
		r	0,715	0,717
		r ²	0,511	0,514

Tabela 8.4: Comparação entre os modelos estudados antes e após os ajustes propostos.

RESÍDUOS ABSOLUTOS (módulo da diferença entre valores medidos e calculados)

Modelos	Antes do Ajuste			Após Ajuste		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
PRO 159	2	6	10	0	1	5
HDM III	0	5	8	0	2	5
HDM 4	0	3	7	0	2	4
Mecanístico	0	2	5	0	2	4

Tabela 8.5: Resíduos absolutos para os modelos de desempenho, antes e após os ajustes.

RESÍDUOS RELATIVOS (resíduo absoluto / valor medido)

Modelos	Antes do Ajuste			Após Ajuste		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
PRO 159	0,07	0,32	0,56	0,00	0,06	0,16
HDM III	0,02	0,22	0,42	0,00	0,06	0,16
HDM 4	0,00	0,13	0,32	0,00	0,06	0,18
Mecanístico	0,00	0,08	0,23	0,00	0,06	0,16

Tabela 8.6: Resíduos relativos para os modelos de desempenho, antes e após os ajustes.

Os ajustes propostos, cujos resultados podem ser observados no quadro acima, são apresentados na seqüência:

1. Procedimento 159/85 DNER:**a) Pavimentos Compostos:**

A equação (6.4.1) deve ser substituída pela equação (8.4.01) :

$$SNC = (SN + 3,51 \log (CBR) - 0,85 (\log (CBR))^2 - 1,43)^{-0,31} \quad (8.4.01)$$

A equação (6.4.7) deve ser substituída pela equação (8.4.02) :

$$QI_{A'} = [12,63 + 0,393 \times A' + 8,66 \times \log (N_A^{1,035}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log (N_A^{1,035}))^2 + \Delta QI_1] \times 1,19 \quad (8.4.02)$$

A equação (6.4.11) deve ser substituída pela equação (8.4.03) :

$$\Delta QI_1 = QI_E - [12,63 + 0,393 \times A'' + 8,66 \times \log (N_A^{1,036}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log (N_A^{1,036}))^2] \quad (8.4.03)$$

b) Pavimentos Flexíveis:

A equação (6.4.1) deve ser substituída pela equação (8.4.04) :

$$SNC = (SN + 3,51 \log (CBR) - 0,85 (\log (CBR))^2 - 1,43)^{-2} \quad (8.4.04)$$

A equação (6.4.7) deve ser substituída pela equação (8.4.05) :

$$QI_{A'} = [12,63 + 0,393 \times A' + 8,66 \times \log (N_A^{1,071}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log (N_A^{1,071}))^2 + \Delta QI_1] \times 1,437 \quad (8.4.05)$$

A equação (6.4.11) deve ser substituída pela equação (8.4.06) :

$$\Delta QI_1 = QI_E - [12,63 + 0,393 \times A'' + 8,66 \times \log (N_A^{1,202}) / SNC + 7,17 \times 10^{-5} (B_E \times \log (N_A^{1,202}))^2] \quad (8.4.06)$$

2. Modelo HDM III:

a) Pavimentos Compostos:

A equação (6.2.1) deve ser substituída pela equação (8.4.07) :

$$\Delta QI = 13 \times 1,395 \times [134 e^{(0,023 \times 3,411 \times AGE3)} \times (SNPK_a + 1)^{-5} \times YE4 + 0,114 \times (RDS_b - RDS_a) \times 0,5 + 0,0066 \times \Delta ACX_d \times 0,5 + 0,42 \times \Delta APOT_d] + 3,411 \times 0,023 \times QI_a \quad (8.4.07)$$

b) Pavimentos Flexíveis:

A equação (6.2.1) deve ser substituída pela equação (8.4.08) :

$$\Delta QI = 13 \times 1,000 \times [134 e^{(0,023 \times 3,198 \times AGE3)} \times (SNPK_a + 1)^{-5} \times YE4 \times 0,5 + 0,114 \times (RDS_b - RDS_a) + 0,0066 \times \Delta ACX_d \times 0,5 + 0,42 \times \Delta APOT_d] + 3,198 \times 0,023 \times QI_a \quad (8.4.08)$$

3. Modelo HDM 4:

a) Pavimentos Compostos:

A seguir são apresentados os valores dos coeficientes de calibração para o modelo ajustado, no caso do pavimento composto. Os demais coeficientes devem permanecer com valor = 1,000.

$$K_f = 0,900$$

$$K_{gm} = 0,900$$

$$K_{rst} = 0,900$$

$$K_{rpd} = 8,025$$

$$K_{gp} = 0,900$$

b) Pavimentos Flexíveis:

A seguir, são apresentados os valores dos coeficientes de calibração para o modelo ajustado, no caso do pavimento flexível. Os demais coeficientes devem permanecer com valor = 1,000.

$$K_f = 0,700$$

$$K_{gm} = 0,700$$

$$K_{rst} = 0,700$$

$$K_{rpd} = 19,423$$

$$K_{gp} = 0,700$$

4. Modelo Mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI:

a) Pavimentos Compostos:

A equação (6.5.01) deve ser substituída pela equação (8.4.09) :

$$IRI = [-1,415 + 2,923 \times (IRI_0)^{1/2} \times 0,95 + 0,00129 \times (N)^{1/2} + 0,000113 \times T \times 12,447 - 5,485 \times 10^{-10} \times P^4 - 10^{-5} \times T \times 12,447 \times (N)^{1/2} + 5,777 \times 10^{-12} \times P^4 \times (N)^{1/2}] \times 1,04 \quad (8.4.09)$$

b) Pavimentos Flexíveis:

A equação (6.5.01) deve ser substituída pela equação (8.4.10) :

$$IRI = -1,415 + 2,923 \times (IRI_0)^{1/2} + 0,00129 \times (N \times 6543)^{1/2} + 0,000113 \times T - 5,485 \times 10^{-10} \times P^4 - 10^{-5} \times T \times (N \times 6543)^{1/2} + 5,777 \times 10^{-12} \times P^4 \times (N \times 6543)^{1/2} \quad (8.4.10)$$

Destaca-se, ainda, que os fatores de ajuste obtidos neste estudo aplicam-se às condições dos pavimentos estudados e a pavimentos que tenham estruturas similares e estejam expostos à condições ambientais, construtivas, de tráfego e defeitos, similares.

Entretanto, os resultados obtidos neste estudo demonstram que, independente do tipo de pavimento, seja ele flexível ou composto, os modelos de previsão de desempenho existentes poderão gerar previsões quanto à irregularidade longitudinal dos pavimentos coerentes e próximas da realidade, para análise de desempenho a nível de rede, desde que ajustados de maneira correta. Além disso, estes ajustes podem ser conseguidos através de uma série histórica

de medidas com apenas dois pontos, ou seja, apenas dois levantamentos, de forma que, quando não forem disponíveis levantamentos em número suficiente para a proposição de um novo modelo de deterioração específico para a malha em estudo, os próprios modelos existentes poderão ser ajustados e utilizados de maneira confiável.

9. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O estudo, da projeção da irregularidade longitudinal de pavimentos, pode ser realizado por diversos modelos de desempenho, dentre os quais os principais foram objeto deste estudo e são citados a seguir:

- HDM III,
- HDM 4,
- DNER PRO 159/85,
- Modelo Mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI.

Os modelos, acima apontados, apresentam como principais variáveis independentes as listadas a seguir, com os respectivos intervalos de variação considerados neste estudo:

Número Estrutural (critério DNER PRO 159): de 4,3 a 5,0

Espessura da camada de rolamento: de 5 cm a 11 cm

Deflexão Recuperável: de $20 \text{ mm} \times 10^{-2}$ a $71 \text{ mm} \times 10^{-2}$

Área trincada inicial (classes 2 e 3): de 3% a 50%

Irregularidade longitudinal inicial (QI): de 12,6 cont/km a 21,9 cont/km

Afundamento na trilha de roda: de 0 mm a 4 mm

Tráfego (Número N AASHTO, 5 anos): de $3,7 \times 10^5$ a $1,0 \times 10^6$

Precipitação média mensal: igual a 0,13 mm/mês

Número de Panelas: igual a zero.

Idade do pavimento, desde a última intervenção: de 8 a 15 anos.

Considerando o estudo de sensibilidade dos parâmetros de entrada dos modelos e os intervalos de variação das variáveis independentes, através da comparação dos resultados obtidos pelos modelos de previsão de desempenho de irregularidade longitudinal em sua forma original (sem que sejam utilizados fatores de ajuste), pode-se concluir que:

- ❑ A análise de sensibilidade, apontou que os resultados finais obtidos pelos modelos de previsão de desempenho de irregularidade longitudinal do pavimento do DNER PRO 159/85, do HDM III e o modelo mecanístico proposto por SALEH, MAMLOUK e OWUSU-ANTWI são extremamente dependentes do valor da irregularidade longitudinal medida no início do período de análise, posto que os demais dados de entrada dos modelos representam pouca influência no resultado final.
- ❑ Já o modelo do HDM 4, apresenta resultado final muito influenciado tanto pela irregularidade inicial dos pavimentos quanto pelo número estrutural ajustado, mas também influenciam, de maneira razoável, este resultado final, as grandezas: espessura total da camada betuminosa, tráfego solicitante (número N) e CBR do subleito.
- ❑ O modelo que apresentou as previsões mais próximas dos dados levantados em campo, tanto para os segmentos de pavimento composto quanto para os segmentos em pavimento flexível, foi o modelo mecanístico proposto por SALEH; MAMLOUK e OWUSU-ANTWI.
- ❑ O modelo de previsão de irregularidade do HDM 4 apresentou projeções inferiores aos levantamentos de campo, para quase todos os segmentos e projeções, pouco inferiores às do modelo mecanístico no caso do pavimento composto. Já, para os segmentos com pavimento flexível, o modelo HDM 4 apresentou estimativas mais distantes dos dados medidos em campo e do modelo mecanístico.
- ❑ O modelo do HDM III apresentou projeções pouco mais distantes dos dados levantados do que os outros dois modelos referenciados acima, e o modelo do PRO 159/85 foi o que apresentou estimativa mais distante dos dados levantados em campo no ano de 2.003,

apresentando pequena variação entre a irregularidade longitudinal inicial (ano de 1.998) e os dados estimados pelo modelo para o ano de 2.003, apresentando-se como o modelo mais conservador.

- ❑ Observou-se que os valores dos resíduos, entre os valores estimados pelos modelos e os valores levantados em campo, não se situam em torno de zero, o que indicou necessidade de proposição de ajustes aos modelos.
- ❑ Os resultados obtidos demonstram que modelos sofisticados, com muitas variáveis de entrada, como é o caso do HDM 4, nem sempre funcionam bem, posto que no Brasil, muitas destas variáveis não encontram-se disponíveis e para estimá-las pode-se incorrer em erros que aumentam a imprecisão do modelo. Ao passo que modelos mais simples, como o modelo mecanístico proposto por SALEH; MAMLOUK e OWUSU-ANTWI, utilizam poucas variáveis, e por isso utilizam dados de entrada mais confiáveis, posto que estes dados encontram-se sempre disponíveis ou são facilmente levantado em campo e não precisam ser estimados, minimizando a imprecisão do modelo.

Isso posto, foram estudados ajustes a serem aplicados aos modelos de desempenho, de modo a aproximar, os valores projetados pelos mesmos dos valores reais mensurados em campo, através do integrador tipo resposta *Bump Integrator*. Estes ajustes conduziram à proposição de novas equações para os diversos modelos de desempenho, em substituição às originalmente apresentadas, conforme apresentado no item 8.4.

Os resultados obtidos com os modelos ajustados levam às seguintes conclusões:

- ❑ O ajuste dos modelos foi considerado satisfatório, posto que os modelos ajustados estimaram valores médios iguais às leituras médias de irregularidade longitudinal levantadas em campo, (conforme figura 8.14).
- ❑ Entretanto, os coeficientes de correlação e determinação entre os dados estimados pelos modelos de previsão de desempenho ajustados e os valores medidos em campo não

sofreram alterações significativas, no caso dos modelos ajustados, a não ser no caso do modelo do HDM 4, que apresentou sensível melhora em relação ao modelo não ajustado.

- ❑ Para os diversos segmentos estudados, os modelos ajustados realizaram projeções muito próximas das medidas obtidas em campo, conforme pode ser observado através das tabelas 8.5 e 8.6, que demonstram que as diferenças (resíduos) absolutas e relativas máximas, médias e mínimas, entre os valores de irregularidade longitudinal estimados pelos modelos e os dados medidos em campo, foram reduzidas após os ajustes dos modelos, resultando em resíduos médios relativos iguais a 6% para todos os modelos; ou seja, a média das diferenças absolutas entre os valores estimados e os valores medidos equivale a 6% da média dos valores medidos (antes do ajuste, variavam entre 8% e 32%).
- ❑ Os resultados obtidos neste estudo confirmam que, independente do tipo de pavimento, seja ele flexível ou composto, os modelos de previsão de desempenho existentes irão gerar previsões coerentes e próximas da realidade, desde que ajustados de maneira correta.
- ❑ Estes ajustes podem ser conseguidos através de uma série histórica de medidas com apenas dois pontos, ou seja, apenas dois levantamentos, de forma que quando não forem disponíveis levantamentos em número suficiente para a proposição de um novo modelo de deterioração, específico para a malha em estudo, os próprios modelos existentes poderão ser ajustados e utilizados de maneira confiável.

Conclui-se portanto, que o estudo foi considerado válido, posto que seus objetivos de análise e calibração dos modelos de desempenho de irregularidade longitudinal para pavimentos asfálticos foram alcançados.

Destaca-se que os resultados obtidos serão de grande valia para os segmentos estudados e para outros segmentos que se assemelhem a estes, no que diz respeito às condições de tráfego, estrutura e demais características pertinentes, visto que foram obtidos modelos calibrados para

estes segmentos, que irão propiciar maior acuracidade na avaliação do desempenho destes pavimentos.

Este trabalho também trará benefícios para a calibração dos modelos junto a segmentos que apresentem características diversas dos aqui contemplados, através da aplicação do mesmo método de análise utilizado no presente trabalho, que poderá ser sistematicamente utilizado na calibração dos modelos para quaisquer segmentos de interesse.

Urge lembrar que os resultados obtidos neste estudo apresentam certas limitações no que diz respeito à pequena quantidade de tipos de estruturas de pavimento estudados, às baixas magnitudes de solicitação do tráfego encontradas e à utilização de apenas um tipo de aparelho medidor de irregularidade longitudinal (aparelho tipo-resposta *Bump Integrator*). Desta forma os resultados aqui obtidos não devem ser generalizados indiscriminadamente a outros segmentos de análise.

A limitação na quantidade de segmentos estudados nesta dissertação se deve à recente implantação dos Sistemas de Gerência de Pavimentos por parte das Concessionárias de Rodovias, mas acredita-se que nos próximos anos estarão disponíveis dados relativos a milhares de quilômetros de estradas paulistas, possibilitando a expansão do estudo iniciado através deste trabalho.

Objetivando contornar as limitações deste estudo e dar continuidade à pesquisa aqui iniciada, dado que o mesmo pode ser considerado de essencial importância ao bom funcionamento dos sistemas de gerência de pavimentos, que vêm sendo implantados em diversas regiões do país, são feitas as seguintes sugestões para futuras pesquisas:

- Implementar novos estudos que visem ajustar os modelos analisados para outros tipos de estruturas de pavimentos e submetidos a outras magnitudes de solicitação do tráfego (diferentes das contempladas por este estudo), bem como localizados em outras regiões do país, expandindo assim os resultados obtidos neste trabalho.

- ❑ Comparar as condições de contorno relativas à proposição destes modelos de desempenho, com as condições de contorno do presente estudo e determinar sua influência nos resultados desta pesquisa.
- ❑ Determinar a influência da estimativa dos coeficientes para o cálculo do número estrutural, no resultado final de cada modelo, através da execução de ensaios de laboratório para a determinação das características de cada camada do pavimento, melhorando assim a acurácia do número estrutural.
- ❑ Conduzir estudos de ajuste de outros modelos de previsão de desempenho, de modo a confrontar os resultados com os obtidos neste trabalho e determinar qual modelo de desempenho ajustado melhor se adequa a cada tipo de pavimento e condição de solicitação do tráfego.
- ❑ Realizar novos levantamentos de irregularidade longitudinal ao longo do tempo, para que possam ser modelados os dados referentes aos segmentos estudados neste trabalho, criando assim um modelo específico para estes segmentos, cujos resultados deverão ser comparados aos obtidos pelos 4 modelos ajustados nesta pesquisa.
- ❑ Verificar qual a porcentagem de extensão da malha total mínima que deve ter sua irregularidade longitudinal medida em campo, para que se possa estimar com segurança, através de modelos de desempenho ajustados, a irregularidade longitudinal de toda a malha, e qual o erro médio esperado.

10. BIBLIOGRAFIA

10.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS. *AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES*. Washington, 1986.

- (02) ARCHONDO-CALLAO, Rodrigo S. *HDM Manager Versio 2.1 – Report TWU 12*. EUA: Transport Division, The World Bank, 1994. <http://www-wds.worldbank.org/> [Acesso em 10 de outubro de 2002].

- (03) ARCHONDO-CALLAO, Rodrigo S. *Typical Unpaved Roads Roughness Predicted by the HDM-III Model*. Infrastructure Notes - Transport, Water and Urban Development - Infrastructure Notes. The World Bank - Transport No RT-1, 1999. <http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-rt1.pdf> [Acesso em 07 de outubro de 2002].

- (04) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E-867-02A. *Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*. 2002.

- (05) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E-1777-96(reapproved 02). *Standard Guide for Priorization of Data Needs for Pavement Management*. 2002.

- (06) BENNETT, Christofer R.; PATERSON, William D. O. *A Guide to Calibration and Adaptation – Volume five*. The Highway Development and Management Series. França: The World Road Association (PIARC), 2000.
- (07) BOTTURA, Ettore J. *Contribuição para o estudo da calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade rodoviária tipo resposta*. Tese (Doutorado). São Paulo, 1998.
- (08) BUSSAB, Wilton O. *Estatística Básica*. 4ª ed. São Paulo: Atual, 1987.
- (09) CANADIAN STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM e UNIVERSITY OF WATERLOO. *THE EFFECT OF INITIAL PAVEMENT SMOOTHNESS ON LONGTERM ROUGHNESS PROGRESSION: SOME FINDINGS FROM C-LTPP AND US-LTPP STUDIES*. Ottawa, Canada.
<http://www.cshrp.org/products/raymond.PDF> [Acesso em 07 de outubro de 2002].
- (10) CARVALHO, Marcos D; HALLACK, Abdo; SILVA, Eber L S. *O Projeto HDM-4/FICEM*. 30ª Reunião Anual de Pavimentação. Salvador/BA: Associação Brasileira de Pavimentação, 1996.
- (11) CAUSIN, Patrícia B. *Estudo de um Sistema de Gerência de Pavimentos para Cidades de Pequeno e Médio Porte*. Dissertação (Mestrado). Campinas/SP: FEC - UNICAMP, 2001.
- (12) CHESTER, Andrew; HARRISON, Robert. *Vehicle Operating Costs*. THE HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARDS SERIES. EUA: The World Bank, 1987.
- (13) COSTA NETO, Pedro L. de O. *Estatística*. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

- (14) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER ES 128/83 – Levantamento de condição de superfície de segmentos testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede.* Brasil, 1983.
- (15) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER ES 173/86 – Método de Nível e Mira para Calibração de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta.* Brasil, 1986.
- (16) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER ME 024/94 – Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman.* Brasil, 1994.
- (17) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 007/94 – Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos.* Brasil, 1994.
- (18) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 008/94 – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.* Brasil, 1994.
- (19) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 159/85 - Projeto de restauração de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.* Brasil, 1985.
- (20) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 164/94 – Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter).* Brasil, 1994.
- (21) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 175/94 – Aferição de Viga Benkelman.* Brasil, 1994.
- (22) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 182/94 – Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter.* Brasil, 1994.

- (23) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER PRO 229/94 – Manutenção de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento - Integrador IPR/USP e Maysmeter*. Brasil, 1994.
- (24) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *GUIA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS*. (Título original: *PAVEMENT MANAGEMENT GUIDE*. Roads and Transportation Association – RTAC. Ottawa - Canadá, 1977). Brasil: IPR, 1983.
- (25) DOMINGUES, Felipe A A. *Avaliação funcional dos pavimentos: síntese sobre serventia e medição de irregularidade*. 25ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, 1991.
- (26) DOMINGUES, Felipe A A. *MID – Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos*. São Paulo: F. A. A. Domingues, 1993.
- (27) DOMINGUES, Felipe A A. *MIRR equipamento para medição da irregularidade dos pavimentos*. São Paulo: F. A. A. Domingues, 1999.
- (28) DOMINGUES, Felipe A A. *Sobre a gerência de pavimentos e o uso do HDM III*. 27ª Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 1993.
- (29) DOMINGUES, Felipe A A.; BOTTURA, Ettore J. *Considerações sobre a calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade rodoviária tipo resposta*. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias. São Paulo: ABGE/DER, 1998.
- (30) DOMINGUES, Felipe A A; BOTTURA, Ettore J. *Influência das geometrias horizontal e vertical na reprodutibilidade da referência de irregularidade através de sistemas medidores de irregularidade rodoviária tipo resposta – SMIRTR*. 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, 1998.

- (31) DYNATEST INTERNATIONAL. *Dynatest FWD / HWD Test Systems*. http://www.dynatest.com/hardware/fwd_hwd.htm. [Acesso em 23 de maio de 2.003].
- (32) EKDAHL, Peter. *A Sensitivity Test of Two Deterioration Models for Flexible Pavements*. Department of Technology and Society, Lund Institute of Technology, Lund University. Suécia, 1999. <http://www.tft.lth.se/rapporter/prelllicpe.PDF> [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (33) FABRÍCIO, João M et al. *Utilização dos modelos de desempenho da norma DNER PRO-159/85 na avaliação da qualidade de pavimentos flexíveis*. 33ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis/SC: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.
- (34) FAWCETT, Glen; FOLEY, Graham. *Pavement Evaluation (Report 3)*. Nova Zelândia: Transit New Zealand heavy vehicle limits project, 2001. http://www.transit.govt.nz/news/content_files/Heavy%20Vehicle%20Report%20PavementEvaluationin%209Aug2001.pdf [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (35) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. *Advanced course in pavement management systems*. Washington/EUA: Federal Highway Administration.
- (36) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. *Highway Performance Monitoring System Reassessment (FHWA-PL-99_001)*. EUA: Office of Highway Information Management – Department of Transportation, 1998 (Revised 1999). http://www.fhwa.dot.gov/ohim/fin_rpt.pdf [Acesso em 10 de outubro de 2002].
- (37) FERNANDES JÚNIOR, José L.; ODA, Sandra; ZERBINI, Luiz F. *Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos*. São Carlos/SP: Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes, 1999.

- (38) FRAENKEL, Benjamin B. *Estradas de rodagem*. Rio de Janeiro, 1959.
- (39) GEIPOT. *Anuário Estatístico dos Transportes - Edição 2001*. Rio de Janeiro, 2001.
<http://www.geipot.com.br> [Acesso em 25 de setembro de 2003].
- (40) GHANA HIGHWAY AUTHORITY, THE. *PMMP – A Planning and Budgeting Tool for Road Maintenance*. Gana: GHA/GTZ Road Maintenance Project, 2001.
http://www.road-maintenance.com/Programme/GHA/PMMP/PMMP_Brochure_Dec01.pdf [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (41) GOLD, Philip A. *Recomendações para análise e melhoramento de pontos negros*. Curso Básico em engenharia de tráfego e transportes. São Paulo: CET, 1984.
<http://www.geipot.com.br> [Acesso em 25 de setembro de 2003].
- (42) GREENWOOD, I. D. *Improved Modelling, Better Accuracy, Better Management*. Nova Zelândia: Deighton Conference, 2001. <http://www.opus.co.nz/pubs/greenwood.pdf> [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (43) HAAS, Ralph. *Reinventing the (pavement management) wheel*. EUA: Fifth International Conference on Managing Pavements, 2001.
<http://www.asphalt.org/GRAPHICS/Haaslecture.pdf> [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (44) HAAS, Ralph; HUDSON, W R; ZANIEWSKI, John. *Modern Pavement Management*. Malabar, Flórida: Krieger Publishing Company, 1994.
- (45) HAAS, Ralph; HUDSON, W. R. *Pavement Management Systems*. EUA: McGraw-Hill, 1978.
- (46) HUANG, Yang H. *Pavement Analysis and Design*. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

- (47) JORGE, Roberlaine R.; CYBIS, Helena B. B.; SENNA, Luis A. S. *A influencia da qualidade do pavimento na escolha de rotas*. Porto Alegre/RS: PPGEF – Escola de Engenharia – UFRGS. <http://www.port.unican.br/42/07/10/2002> [Acesso em 07 de outubro de 2002].
- (48) JUNG, Jong-Suk; KALOUSH, Kamil E.; WAY, George B. *Life Cycle Cost Analysis: Conventional Versus Asphalt-Rubber Pavements*. Arizona, EUA: Rubber Pavements Association, 2002. <http://www.rubberpavements.org/library/LCCA-RPA2002.pdf> [Acesso em 7 de outubro de 2002].
- (49) JUSI, Petri; MÄNNISTÖ, Vesa. *FIRST APPLICATION OF HDM-4 IN NORTH WEST RUSSIA*. Riga, Letônia: 24th International Baltic Road Conference, 2000. http://www.balticroads.org/pdf/05_Jusi_Mannisto_FI_eng.pdf [Acesso em 7 de outubro de 2002].
- (50) KARAN, M A; HAAS, Ralph; KHER, Ramesh. *Effects of Pavement Roughness on Vehicle Speeds*. Transportation Research Record 602. Washington D. C.: National Academy of Sciences, 1976.
- (51) LERCH, Rafael L et al. *Previsão de irregularidade longitudinal de revestimentos asfálticos após recapes: comparação entre os modelos bilinear do HDM-III e linear proposto no HDM-4*. 33ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis/SC: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.
- (52) LERCH, Rafael L. *Previsão de irregularidade pós-recape em rodovias do RS: ajuste do modelo HDM-4*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFRGS/PPGEC, 2002.
- (53) L-P TARDIF; Associates Inc. *HIGHWAY INFRASTRUCTURE AND OPPORTUNITIES FOR REDUCTIONS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS*. Submitted To: Transportation Table, National Climate Change Program Intercity Passenger Sub-

Group, 1999.
http://www.tc.gc.ca/.../subgroups1/intercity/infrastructure/Final_Report/GHG_Infrast_ructure_Report_June_24th.doc [Acesso em 10 de outubro de 2002].

- (54) MARCON, Antônio F; APS, Márcia; CARDOSO, Samuel H. *Conseqüências do Uso Inadequado de Modelos de Previsão de Desempenho em Sistemas de Gerência de Pavimentos*. 30ª Reunião Anual de Pavimentação. Salvador/BA: Associação Brasileira de Pavimentação, 1996.
- (55) MARTINS, M C e FELEX, J. B. *Inferências sobre irregularidade de superfície de pavimento*. Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 10. Anais. Brasília : Anpet/Unb, 1996.
- (56) McLEAN, John; SWEATMAN, Peter. *IMPLICATIONS OF MASS LIMITS REVIEW RECOMMENDATIONS FOR LOCAL ROADS*. Report to National Road Transport Comission – Working Paper nº 23, 1999. <http://www.nrtc.gov.au/publications/wp-23-1.doc> [Acesso em 10 de outubro de 2002].
- (57) MEDINA, Jacques. *Mecânica dos Pavimentos*. Rio de Janeiro/RJ: Editora UFRJ, 1997.
- (58) NELTHORP, John; MACKIE, Peter; BRISTOW, Abigail. *Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives*. Institute for Transport Studies, University of Leeds, 1998. http://www.europa.eu.int/comm/environment/air/measurement_maintext.pdf [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (59) ODOKI, J. B.; KERALI, Henry G. R. *Analytical Framework and Model Descriptions – Volume four*. The Highway Development and Management Series. França: The World Road Association (PIARC), 2000.

- (60) OLIVEIRA, Maria E. D. *Estudo comparativo entre medições de irregularidade de pavimentos realizadas no Brasil e nos Estados Unidos*. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2002.
- (61) PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. *Pavimentação Rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Copiarte, 2002.
- (62) QUEIROZ, César A. V. *Cuestiones técnicas y economicas relacionadas con el deterioro y mantenimiento de los caminos*. Documento nº 94-20 do Banco Mundial. Lima: PROVIAL – Segundo Seminário Nacional do Peru, 1995.
- (63) QUEIROZ, César A. V. *Modelos de previsão do desempenho para gerência de pavimentos no Brasil*. Brasília: Geipot, 1984.
- (64) SALEH, Mofreh F.; MAMLOUK, Michael S.; OWUSU-ANTWI, Emmanuel B. *Mechanistic roughness model based on vehicle-pavement interaction*. PAVEMENT MANAGEMENT AND MONITORING TRANSPORTATION RESEARCH RECORD (1699). Washington: Transportation Research Board NATL Research Council, 2000.
- (65) SESTINI, Valéria M; SÓRIA, Manoel H A; QUEIROZ, César. *Previsão do IRI: Adaptação do HDM à região centro de São Paulo*. 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, 1998.
- (66) SHAHIN, M Y. *Pavement management for airports, roads, and parking lots*. New York/NY: Chapman; Hall, 1994.
- (67) SOUZA, Ricardo O; FARIS, Márcio M; SHIMOISHI, José M. *Estado da arte sobre medição da irregularidade longitudinal em pavimentos asfálticos*. 33ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis/SC: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

- (68) TECTRAN – Técnicos em Transportes. *Avaliação do Programa de Concessões de Rodovias de Estado de São Paulo*. Brasil: Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias - ABCR, 1999.
- (69) THAGESSEN, Bent. *Highway and Traffic Engineering in Developing Countries*. 1ª ed. Inglaterra: E; FN SPON, an imprint of Chapman; Hall, 1996.
- (70) USP-EPUSP-PTR-LDTT / DERSA. *MEDICÃO DA ADERÊNCIA ENTRE O PNEU E O PAVIMENTO EM PISTAS MOLHADAS DA REDE DERSA*. Projeto: Indicadores para avaliação da condição dos pavimentos da rede DERSA. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, Escola Politécnica - EPUSP, 1997.
- (71) VIANNA, Cloves E M; COUTINHO, José A; FERNANDEZ, Túlio M L. *Metodologia para ajustamento do fator deterioração de rodovias pavimentadas pelo modelo HDM*. Vias Gerais. Instituto Panamericano de Carreteras. DER-MG. Minas Gerais. 1998.
- (72) WALTER, Francisco. *Estatística Básica: síntese da teoria, exercícios propostos e resolvidos*. 2ª ed. Piracicaba: Unimep, 1995.
- (73) WATANATADA, Thawat et al. *THE HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARDS MODEL – Volume 1 Description of The HDM-III Model*. EUA: The World Bank, 1987.
- (74) WILDE, William J.; WAALKES, Steve; HARRISON, Rob. *Life Cycle Cost Analysis for Portland Cement Concrete Pavements*. EUA: Texas Department of Transportation, 1999. http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/1739_1.pdf [Acesso em 09 de outubro de 2002].
- (75) WORLD ROAD ASSOCIATION. *Save your country's road: how road maintenance gets transport moving*. Franca: A PIARC / DFID Publication. <http://www.piarc.lcpc.fr/load/save-b.pdf> [Acesso em 09 de outubro de 2002].

- (76) YSHIBA, José K. *Modelos de desempenho de pavimentos: Estudo de rodovias do estado do Paraná*. Tese (Doutorado). São Carlos: Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2003.
- (77) YODER, E J; WITCZAK, M W. *Principles of pavement design*. 2ª ed. Estados Unidos da América: Wiley-Interscience Publication, 1975.

10.2 BIBLIOGRAFIA DE APOIO

- ARCHONDO-CALLAO, Rodrigo S. *Unpaved Roads' Roughness Estimation by Subjective Evaluation*. Infrastructure Notes - Transport, Water and Urban Development - Infrastructure Notes. The World Bank - Transport No RT-2, 1999.
<http://www.romdas.com/romdascd/info/other/roughness/subjectiv.pdf> [Acesso em 07 de outubro de 2002].
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 6023 - Informações e documentação. Referências - Elaboração*. Brasil, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 10520 - Informações e documentação. Citações em documentos - Apresentação*. Brasil, 2002.
- BODI, Janos; BALBO, Jose T. *Modelos para priorização de serviços de manutenção de pavimentos urbanos*. São Paulo: 31ª Reunião Anual de Pavimentação, 1998.
<http://www.ptr.usp.br/lmp/download/Abpv98.PDF> [Acesso em 07 de outubro de 2002].
- CARDOSO, Samuel H. et al. *Uso do Mu-Meter para Avaliação do Coeficiente de Atrito em Pavimentos de Rodovias e Vias Urbanas*. 29ª Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá/MT: Associação Brasileira de Pavimentação, 1995.

- CARVALHO, Marcos D; SILVA, Eber L S. *Perfilógrafo tipo Califórnia - Uma nova metodologia de avaliação de irregularidade longitudinal de pavimentos no Brasil*. 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, 1998.
- CASSANIGA, José C.; MACHADO FILHO, Paulo R. . *UTILIZAÇÃO DO MERLIN NO CONTROLE DA CONDIÇÃO DE CONFORTO DE PAVIMENTOS*. 16º Encontro de Asfalto. Rio de Janeiro: IBP, 2002.
- COWE FALLS, Lynne et al. *Using Common Elements of Asset Management and Pavement Management to Maximize Overall Benefits*. EUA: Transportation Reserach Board – 80th Annual Meeting, 2001.
- CRONEY, D.; CRONEY P. *Design and Performance of Road Pavements*. 3ª ed. Nova Yorque: McGraw-Hill, 1998.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual de Pavimentação*. Rio de Janeiro: IPR Publicação 697, 1996.
- DIVINSKY, Michael. *Repeteatability analysis of road roughness measurements*. Journal of Testing and Evaluation nº 28 (5). [S.l.]: American Society for Testing and Materials, 2000.
- FERNANDES JUNIOR, José L.; HUDSON, Willian R. *PESQUISAS EM GERÊNCIA DE PAVIMENTOS: TEMAS PRIORITÁRIOS*. 9º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. São Carlos: Anpet, 1995.
- FORTES, Fábio Q; SÓRIA, Manuel H A; VILLIBOR, Douglas F. *Comparação de resultados de dois métodos de avaliação da irregularidade longitudinal*. 28ª Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte/MG: Associação Brasileira de Pavimentação, 1994.

- GARCIA, Leomar de O. *Elementos de Estatística: estatística descritiva e noções de probabilidade*. Rio de Janeiro: Editora Rio, 1975.
- LAKATOS, Eva M; MARCONI, Marina A. *Metodologia do Trabalho Científico*. 3ª ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1991.
- LERCH, Rafael L.; NÚÑES, Washington P.; CERATTI, Jorge A. . *REDUÇÃO DA IRREGULARIDADE APÓS RECAPES EM CONCRETO ASFÁLTICO: EFEITO DE REPERFILAGEM PRÉVIA*. 16º Encontro de Asfalto. Rio de Janeiro: IBP, 2002.
- LERCH, Rafael L.; NÚÑES, Washington P.; CERATTI, Jorge A. UM MODELO ESTATÍSTICO PARA ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DA IRREGULARIDADE DOS PAVIMENTOS APÓS A EXECUÇÃO DE RECAPEAMENTOS. *REVISTA ESTRADAS*. Porto Alegre/RS: SUDAER/SECDAER: Novembro 2003, nº 5, p.51-58.
- LI, K. J.; DOMINGUES, Felipe A A. *Estimativa da vida remanescente de serviço dos pavimentos*. 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, 1998.
- MACTUTIS, Joseph A.; ALAVI, Sirous H.; OTT, Weston C. *Investigation of relationship between roughness and pavement surface distress based on WesTrack Project*. PAVEMENT MANAGEMENT AND MONITORING TRANSPORTATION RESEARCH RECORD (1699). Washington: Transportation Research Board NATL Research Council, 2000.
- MÁTTAR NETO, João Augusto. *Metodologia Científica na Era da Informática*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MOTTA, Laura M. G. *Alternativas para dimensionamento de restauração de pavimentos*. [S.l.]: 2º Congresso Brasileiro de Concessões de Rodovias - CBCR, 2001.

NINGYUAN, Li; KAZMIEROWSKI, Thomas; SHARMA, Brij. *Verification of network-level pavement roughness measurements*. ASSESSING AND EVALUATING PAVEMENTS TRANSPORTATION RESEARCH RECORD (1764). Washington: Transportation Research Board NATL Research Council, 2001.

OECD SCIENTIFIC EXPERT GROUP and WORLD BANK. *Road Monitoring for Maintenance Management: Volume 1, manual for developing countries*. EUA: Road Transport Research, 1990.

OECD SCIENTIFIC EXPERT GROUP. *Road maintenance management systems in developing countries*. EUA: Road Transport Research, 1995.

PUODZIUKAS, V. *THE NEW APPROACH OF PAVEMENT STRENGTHENING IN LITHUANIA*. http://www.balticroads.org/pdf/07_Puodziukas_LT_eng.pdf [Acesso em 7 de outubro de 2002].

QUEIROZ, César A. V.; DOMINGUES, Felipe A. A. *Integrador IPR/USP para medição de irregularidade de estradas e aeroportos*. 20ª Reunião Anual de Pavimentação. Fortaleza: Associação Brasileira de Pavimentação, 1985.

SOUZA, Firmino S. V. et al. *Avaliação da Resistência à Derrapagem em Pavimentos Rodoviários*. 27ª Reunião Anual de Pavimentação. [S.l.]: Associação Brasileira de Pavimentação, 1993.

VALLE, Nilton; BALBO, José T. *Estudo Preliminar de Desempenho de Pavimentos* <http://www.ptr.usp.br/lmp/download/esdeso.PDF> [Acesso em 7 de outubro de 2002].

WATANATADA, Thawat; DHARESHWAR, Ashok M.; LIMA, Paulo R. S. R. *Vehicle Speedes and Operating Costs – Models for Road Planning and Management*. THE HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARDS SERIES. EUA: The World Bank, 1987.

APÊNDICE

A seguir são apresentadas tabelas contendo todos os dados de entrada, bem como os coeficientes, variáveis e os dados de saída para os 4 modelos de desempenho estudados, para cada um dos noventa e oito segmentos de um quilômetro de extensão.

Os parâmetros listados neste Apêndice, bem como suas unidades de medida, são discriminados detalhadamente no capítulo 7, nas seções que apresentam o detalhamento das equações contidas em cada um dos 4 modelos de desempenho.

SEGMENTO	QI MEDIDO		QI PROJETADO				ENTRADA DE DADOS								
	1998	2003	PRO 159/85	HDM III	HDM 4	Mecanístico	a1	h1	a2	h2	a3	h3	a4	h4	a5
215LU0030	18,5	24,2	21,0	22,8	26,1	26,7	0,4	60		0		0	0,15	150	
215OU0030	12,7	22,0	15,2	16,5	20,9	19,0	0,4	60		0		0	0,15	150	
215LU0031	19,3	25,5	21,7	23,3	26,8	27,7	0,4	60		0		0	0,15	150	
215OU0031	13,2	21,4	15,6	16,6	20,2	19,7	0,4	60		0		0	0,15	150	
215LU0032	21,7	27,6	24,1	25,9	29,0	30,4	0,4	60		0		0	0,15	150	
215OU0032	20,3	27,0	22,7	24,6	28,0	28,9	0,4	60		0		0	0,15	150	
215LU0033	19,9	31,6	22,3	23,8	26,8	28,4	0,4	60		0		0	0,15	150	
215OU0033	16,5	25,3	18,9	20,3	24,0	24,2	0,4	60		0		0	0,15	150	
215LU0034	18,2	26,5	20,6	22,3	25,2	26,4	0,4	60		0		0	0,15	150	
215OU0034	16,6	24,9	19,0	20,5	23,8	24,3	0,4	60		0		0	0,15	150	
215LU0035	18,0	24,5	20,4	22,0	24,9	26,1	0,4	70		0		0	0,15	150	
215OU0035	17,9	27,2	20,2	22,2	24,3	26,0	0,4	70		0		0	0,15	150	
215LU0036	15,9	24,8	18,2	19,0	20,3	23,4	0,4	70		0		0	0,15	150	
215OU0036	19,5	27,4	21,8	23,2	23,9	27,9	0,4	70		0		0	0,15	150	
215LU0037	16,7	25,5	19,1	19,8	21,9	24,4	0,4	70		0		0	0,15	150	
215OU0037	18,9	25,9	21,4	22,7	23,2	27,3	0,4	70		0		0	0,15	150	
215LU0038	19,3	27,4	21,8	22,9	25,1	27,7	0,4	70		0		0	0,15	150	
215OU0038	18,5	24,2	21,0	22,1	23,0	26,7	0,4	70		0		0	0,15	150	
215LU0039	16,2	26,7	18,6	19,2	20,3	23,8	0,4	70		0		0	0,15	150	
215OU0039	17,3	25,5	19,8	20,7	22,3	25,3	0,4	70		0		0	0,15	150	
215LU0040	20,0	28,2	22,5	23,5	24,2	28,5	0,4	80		0		0	0,15	150	
215OU0040	19,4	27,5	21,8	23,2	23,4	27,8	0,4	80		0		0	0,15	150	
215LU0041	21,0	31,3	23,5	24,6	24,9	29,7	0,4	80		0		0	0,15	150	
215OU0041	16,1	26,2	18,5	20,3	20,0	23,7	0,4	80		0		0	0,15	150	
215LU0042	18,0	26,1	20,6	21,6	24,7	26,1	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0042	18,0	26,1	20,6	21,4	24,3	26,1	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0043	20,5	26,0	23,0	24,3	27,3	29,1	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0043	20,4	26,4	22,8	24,4	26,9	29,0	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0044	16,0	26,1	18,4	19,2	22,7	23,5	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0044	16,8	24,9	19,2	20,3	23,4	24,6	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0045	16,0	27,6	18,5	19,5	22,8	23,5	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0045	18,4	24,5	20,9	22,1	24,9	26,6	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0047	16,3	25,2	18,8	19,9	22,6	24,0	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0046	19,8	24,7	22,2	23,5	26,0	28,2	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0048	18,8	25,7	21,3	22,4	25,3	27,0	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0048	15,3	23,8	17,6	18,5	21,2	22,5	0,4	50		0		0	0,15	150	
215LU0049	16,4	25,2	18,8	20,2	23,2	24,0	0,4	50		0		0	0,15	150	
215OU0049	18,3	26,6	20,6	21,8	24,4	26,4	0,4	50		0		0	0,15	150	
350LU0238	18,1	24,5	20,8	23,3	24,5	26,2	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0238	16,7	24,2	19,3	20,8	23,6	24,4	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0239	14,7	24,3	17,3	19,6	21,1	21,9	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0239	15,2	25,6	17,8	19,5	21,8	22,5	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0240	14,5	23,5	17,2	18,9	21,0	21,6	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0240	16,2	24,6	18,8	20,3	22,3	23,9	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0241	15,0	24,5	17,6	20,0	21,2	22,3	0,4	90		0		0	0,15	160	

SEGMENTO	ENTRADA DE DADOS												
	h5	a6	z6	a7	z7	a8	z8	a9	z9	CBR _s	UCS	d	p
215LU0030	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0030	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0031	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0031	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0032	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0032	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0033	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0033	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0034	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0034	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0035	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0035	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0036	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0036	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0037	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0037	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0038	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0038	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0039	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0039	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0040	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0040	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0041	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0041	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0042	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0042	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0043	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0043	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0044	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0044	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0045	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0045	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0047	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0046	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0048	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0048	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215LU0049	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
215OU0049	0		0		0		0	0,10	300	21,0	2,0	0,667	5
350LU0238	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0238	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0239	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0239	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0240	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0240	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0241	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	MMP	APOT _a	DF _a	PCRA	PCRW	ACA _a	ACW _a	HSNEW	HSOLD	AGE3	YE4	m	M ou N
215LU0030	0,128	0	2	0,0	0,0	45,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0030	0,128	0	2	0,0	0,0	50,0	10,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0031	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0031	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0032	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0032	0,128	0	2	0,0	0,0	35,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0033	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0033	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0034	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0034	0,128	0	2	0,0	0,0	30,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0035	0,128	0	2	0,0	0,0	30,0	5,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215OU0035	0,128	0	2	0,0	0,0	35,0	10,0	0	0	15	0,59	0,03	SIM
215LU0036	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215OU0036	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215LU0037	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215OU0037	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215LU0038	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215OU0038	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215LU0039	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215OU0039	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,37	0,03	SIM
215LU0040	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0040	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0041	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0041	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	10,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0042	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0042	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0043	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0043	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	10,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0044	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0044	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0045	0,128	0	2	0,0	0,0	30,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0045	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0047	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	10,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0046	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0048	0,128	0	2	0,0	0,0	25,0	0,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0048	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215LU0049	0,128	0	2	0,0	0,0	40,0	10,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
215OU0049	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	15	0,42	0,03	SIM
350LU0238	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350OU0238	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0239	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350OU0239	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0240	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350OU0240	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	3,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0241	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM

SEGMENTO	ENTRADA DE DADOS												
	M ou N	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	CDS	DEF	CMOD	CRT	e ₀	e ₁	AGE2
215LU0030	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,49	5	0	2,13	0,35	15
215OU0030	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,40	5	0	2,13	0,35	15
215LU0031	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,40	5	0	2,13	0,35	15
215OU0031	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,35	5	0	2,13	0,35	15
215LU0032	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,36	5	0	2,13	0,35	15
215OU0032	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,35	5	0	2,13	0,35	15
215LU0033	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,39	5	0	2,13	0,35	15
215OU0033	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,32	5	0	2,13	0,35	15
215LU0034	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,30	5	0	2,13	0,35	15
215OU0034	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,36	5	0	2,13	0,35	15
215LU0035	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,35	5	0	2,13	0,35	15
215OU0035	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,34	5	0	2,13	0,35	15
215LU0036	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,31	5	0	2,13	0,35	15
215OU0036	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,31	5	0	2,13	0,35	15
215LU0037	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,41	5	0	2,13	0,35	15
215OU0037	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,44	5	0	2,13	0,35	15
215LU0038	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,45	5	0	2,13	0,35	15
215OU0038	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,47	5	0	2,13	0,35	15
215LU0039	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,45	5	0	2,13	0,35	15
215OU0039	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,51	5	0	2,13	0,35	15
215LU0040	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,50	5	0	2,13	0,35	15
215OU0040	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,44	5	0	2,13	0,35	15
215LU0041	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,55	5	0	2,13	0,35	15
215OU0041	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,37	5	0	2,13	0,35	15
215LU0042	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,56	5	0	2,13	0,35	15
215OU0042	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,56	5	0	2,13	0,35	15
215LU0043	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,43	5	0	2,13	0,35	15
215OU0043	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,38	5	0	2,13	0,35	15
215LU0044	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,37	5	0	2,13	0,35	15
215OU0044	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,33	5	0	2,13	0,35	15
215LU0045	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,51	5	0	2,13	0,35	15
215OU0045	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,44	5	0	2,13	0,35	15
215LU0047	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,45	5	0	2,13	0,35	15
215OU0046	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,41	5	0	2,13	0,35	15
215LU0048	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,52	5	0	2,13	0,35	15
215OU0048	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,35	5	0	2,13	0,35	15
215LU0049	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,37	5	0	2,13	0,35	15
215OU0049	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,33	5	0	2,13	0,35	15
350LU0238	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,42	5	0	2,13	0,35	8
350OU0238	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,36	5	0	2,13	0,35	8
350LU0239	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,34	5	0	2,13	0,35	8
350OU0239	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,35	5	0	2,13	0,35	8
350LU0240	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,39	5	0	2,13	0,35	8
350OU0240	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,37	5	0	2,13	0,35	8
350LU0241	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,31	5	0	2,13	0,35	8

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	K _{cpa}	CCT	PNCT	NCT _{eq}	T _{eq}	NCT _a	g ₀	g ₀	g ₁	g ₂	ACT _a	RDS _a	COMP
215LU0030	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,3	95
215OU0030	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215LU0031	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215OU0031	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215LU0032	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,7	95
215OU0032	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,2	95
215LU0033	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,7	95
215OU0033	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,2	95
215LU0034	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215OU0034	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215LU0035	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215OU0035	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215LU0036	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215OU0036	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215LU0037	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215OU0037	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215LU0038	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,4	95
215OU0038	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,5	95
215LU0039	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215OU0039	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,3	95
215LU0040	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215OU0040	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215LU0041	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,5	95
215OU0041	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,5	95
215LU0042	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,6	95
215OU0042	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,6	95
215LU0043	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,3	95
215OU0043	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,1	95
215LU0044	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,1	95
215OU0044	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215LU0045	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
215OU0045	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
215LU0047	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,5	95
215OU0046	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,4	95
215LU0048	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
215OU0048	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
215LU0049	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,1	95
215OU0049	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350LU0238	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,6	95
350OU0238	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0239	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0239	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0240	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350OU0240	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
350LU0241	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	Sh	n_0	n_1
215LU0030	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0030	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0031	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0031	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0032	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0032	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0033	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0033	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0034	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0034	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0035	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0035	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0036	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0036	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0037	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0037	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0038	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0038	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0039	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0039	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0040	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0040	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0041	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0041	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0042	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0042	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0043	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0043	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0044	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0044	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0045	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0045	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0047	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0046	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0048	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0048	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215LU0049	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
215OU0049	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0238	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0238	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0239	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0239	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0240	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0240	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0241	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	η_2	AGE4	RDM _a	CW	AADT	M ou N	NPT _a	TLF	CDB	YAX	h ₀	h ₁	h ₂
215LU0030	0,71	15	1,5	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0030	0,71	15	1,7	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0031	0,71	15	1,8	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0031	0,71	15	1,3	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0032	0,71	15	2,5	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0032	0,71	15	1,7	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0033	0,71	15	2,4	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0033	0,71	15	2,0	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0034	0,71	15	1,0	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0034	0,71	15	1,1	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0035	0,71	15	1,7	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215OU0035	0,71	15	1,0	7	4596	SIM	0	0,02	1	1,58	3	0,5	1
215LU0036	0,71	15	1,8	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215OU0036	0,71	15	1,3	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215LU0037	0,71	15	2,9	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215OU0037	0,71	15	1,0	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215LU0038	0,71	15	3,6	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215OU0038	0,71	15	2,1	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215LU0039	0,71	15	1,5	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215OU0039	0,71	15	2,4	7	2758	SIM	0	0,02	1	0,986	3	0,5	1
215LU0040	0,71	15	1,6	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0040	0,71	15	1,1	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0041	0,71	15	1,9	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0041	0,71	15	0,2	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0042	0,71	15	2,5	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0042	0,71	15	2,5	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0043	0,71	15	2,6	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0043	0,71	15	1,6	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0044	0,71	15	2,3	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0044	0,71	15	1,5	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0045	0,71	15	1,6	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0045	0,71	15	1,3	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0047	0,71	15	1,8	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0046	0,71	15	2,0	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0048	0,71	15	1,3	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0048	0,71	15	0,9	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215LU0049	0,71	15	1,3	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
215OU0049	0,71	15	1,1	7	3064	SIM	0	0,02	1	1,117	3	0,5	1
350LU0238	0,71	8	0,5	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350OU0238	0,71	8	1,6	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0239	0,71	8	0,6	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350OU0239	0,71	8	1,0	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0240	0,71	8	0,8	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350OU0240	0,71	8	1,1	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0241	0,71	8	0,5	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS									COEFICIENTES			
	j_{s2}	j_{s3}	j_{s4}	j_{s0}	j_{s1}	j_{s2}	j_{s3}	j_{s4}	a_g	RI_g	m	k_{gm}	HS
215LU0030	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,42	0,03	1	60
215OU0030	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	0,98	0,03	1	60
215LU0031	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,48	0,03	1	60
215OU0031	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,02	0,03	1	60
215LU0032	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,67	0,03	1	60
215OU0032	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,56	0,03	1	60
215LU0033	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,53	0,03	1	60
215OU0033	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,27	0,03	1	60
215LU0034	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,40	0,03	1	60
215OU0034	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,28	0,03	1	60
215LU0035	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,38	0,03	1	70
215OU0035	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,38	0,03	1	70
215LU0036	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,22	0,03	1	70
215OU0036	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,50	0,03	1	70
215LU0037	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,28	0,03	1	70
215OU0037	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,46	0,03	1	70
215LU0038	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,48	0,03	1	70
215OU0038	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,42	0,03	1	70
215LU0039	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,24	0,03	1	70
215OU0039	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,33	0,03	1	70
215LU0040	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,54	0,03	1	80
215OU0040	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,49	0,03	1	80
215LU0041	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,61	0,03	1	80
215OU0041	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,24	0,03	1	80
215LU0042	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,38	0,03	1	50
215OU0042	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,38	0,03	1	50
215LU0043	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,58	0,03	1	50
215OU0043	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,57	0,03	1	50
215LU0044	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,23	0,03	1	50
215OU0044	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,29	0,03	1	50
215LU0045	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,23	0,03	1	50
215OU0045	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,42	0,03	1	50
215LU0047	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,26	0,03	1	50
215OU0046	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,52	0,03	1	50
215LU0048	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,44	0,03	1	50
215OU0048	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,17	0,03	1	50
215LU0049	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,26	0,03	1	50
215OU0049	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,40	0,03	1	50
350LU0238	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,39	0,03	1	90
350OU0238	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,28	0,03	1	90
350LU0239	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,13	0,03	1	90
350OU0239	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,17	0,03	1	90
350LU0240	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,12	0,03	1	90
350OU0240	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,25	0,03	1	90
350LU0241	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,16	0,03	1	90

SEGMENTO	CEFICIENTES					MODELO HDM 4							
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	z	DRI _s	dSNPK	SNPK ₀	SNP _s	SNP ₀	NBASU	NSUBA
215LU0030	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215OU0030	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215LU0031	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215OU0031	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215LU0032	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215OU0032	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215LU0033	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215OU0033	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215LU0034	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215OU0034	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,35	0,00	2,24	2,24	2,24	1,83	-1,03
215LU0035	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215OU0035	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215LU0036	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215OU0036	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215LU0037	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215OU0037	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215LU0038	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215OU0038	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215LU0039	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215OU0039	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,17	0,00	2,39	2,39	2,39	1,99	-1,03
215LU0040	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,15	0,00	2,55	2,55	2,55	2,14	-1,03
215OU0040	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,15	0,00	2,55	2,55	2,55	2,14	-1,03
215LU0041	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,15	0,00	2,55	2,55	2,55	2,14	-1,03
215OU0041	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,15	0,00	2,55	2,55	2,55	2,14	-1,03
215LU0042	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0042	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0043	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0043	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0044	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0044	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0045	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0045	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0047	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0046	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0048	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0048	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215LU0049	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
215OU0049	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,32	0,00	2,08	2,08	2,08	1,67	-1,03
350LU0238	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350OU0238	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350LU0239	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350OU0239	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350LU0240	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350OU0240	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03
350LU0241	-0,01	10	0,25	0,02	0,05	300	0,27	0,00	2,60	2,60	2,60	2,36	-1,03

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	INSUBC	SNP _d	fs	f	ACRA _g	ACX _g	PACX	DRI _c	DACRA	ICA	KW	KA	HSE
215LU0030	1,43	2,24	1,00	1,00	45,00	29,85	0,00	0,14	20,93	1,21	0,00	0,00	0,00
215OU0030	1,43	2,24	1,00	1,00	50,00	34,90	0,00	0,15	22,58	1,50	0,00	0,00	0,00
215LU0031	1,43	2,24	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,50	0,00	0,00	0,00
215OU0031	1,43	2,24	1,00	1,00	25,00	17,45	0,00	0,09	13,66	1,74	0,00	0,00	0,00
215LU0032	1,43	2,24	1,00	1,00	25,00	17,45	0,00	0,09	13,66	1,68	0,00	0,00	0,00
215OU0032	1,43	2,24	1,00	1,00	35,00	23,65	0,00	0,12	17,46	1,74	0,00	0,00	0,00
215LU0033	1,43	2,24	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,55	0,00	0,00	0,00
215OU0033	1,43	2,24	1,00	1,00	25,00	17,45	0,00	0,09	13,66	1,93	0,00	0,00	0,00
215LU0034	1,43	2,24	1,00	1,00	25,00	17,45	0,00	0,09	13,66	2,04	0,00	0,00	0,00
215OU0034	1,43	2,24	1,00	1,00	30,00	20,55	0,00	0,10	15,61	1,70	0,00	0,00	0,00
215LU0035	1,43	2,39	1,00	1,00	30,00	20,55	0,00	0,10	15,61	1,73	0,00	0,00	0,00
215OU0035	1,43	2,39	1,00	1,00	35,00	25,60	0,00	0,12	17,46	1,82	0,00	0,00	0,00
215LU0036	1,43	2,39	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	2,41	0,00	0,00	0,00
215OU0036	1,43	2,39	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	2,40	0,00	0,00	0,00
215LU0037	1,43	2,39	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	1,92	0,00	0,00	0,00
215OU0037	1,43	2,39	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,79	0,00	0,00	0,00
215LU0038	1,43	2,39	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,76	0,00	0,00	0,00
215OU0038	1,43	2,39	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,69	0,00	0,00	0,00
215LU0039	1,43	2,39	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,78	0,00	0,00	0,00
215OU0039	1,43	2,39	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,57	0,00	0,00	0,00
215LU0040	1,43	2,55	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,51	0,00	0,00	0,00
215OU0040	1,43	2,55	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,71	0,00	0,00	0,00
215LU0041	1,43	2,55	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,36	0,00	0,00	0,00
215OU0041	1,43	2,55	1,00	1,00	20,00	16,30	0,00	0,08	11,58	2,00	0,00	0,00	0,00
215LU0042	1,43	2,08	1,00	1,00	25,00	17,45	0,00	0,09	13,66	1,32	0,00	0,00	0,00
215OU0042	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,32	0,00	0,00	0,00
215LU0043	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,74	0,00	0,00	0,00
215OU0043	1,43	2,08	1,00	1,00	20,00	16,30	0,00	0,08	11,58	1,93	0,00	0,00	0,00
215LU0044	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,99	0,00	0,00	0,00
215OU0044	1,43	2,08	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	2,20	0,00	0,00	0,00
215LU0045	1,43	2,08	1,00	1,00	30,00	20,55	0,00	0,10	15,61	1,48	0,00	0,00	0,00
215OU0045	1,43	2,08	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,70	0,00	0,00	0,00
215LU0047	1,43	2,08	1,00	1,00	25,00	19,40	0,00	0,09	13,66	1,67	0,00	0,00	0,00
215OU0046	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,82	0,00	0,00	0,00
215LU0048	1,43	2,08	1,00	1,00	25,00	15,50	0,00	0,09	13,66	1,43	0,00	0,00	0,00
215OU0048	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	2,08	0,00	0,00	0,00
215LU0049	1,43	2,08	1,00	1,00	40,00	28,70	0,00	0,13	19,23	2,00	0,00	0,00	0,00
215OU0049	1,43	2,08	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	2,16	0,00	0,00	0,00
350LU0238	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	0,91	0,00	0,00	0,00
350OU0238	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	1,16	0,00	0,00	0,00
350LU0239	1,26	2,60	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	1,24	0,00	0,00	0,00
350OU0239	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,21	0,00	0,00	0,00
350LU0240	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,05	0,00	0,00	0,00
350OU0240	1,26	2,60	1,00	1,00	5,00	4,27	0,00	0,03	3,97	1,13	0,00	0,00	0,00
350LU0241	1,26	2,80	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,40	0,00	0,00	0,00

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	dACA1	dACA2	dACA3	dt _A	Z _A	SCA	Y	f ₁	CRP	ICT	dNCT	dACT	dt _T
215LU0030	20,9	20,93	23,93	1,00	-1,00	45,00	3,04	3,33	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0030	22,6	22,58	22,58	1,00	-1,00	50,00	3,19	3,19	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0031	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0031	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0032	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0032	17,5	17,46	24,64	1,00	-1,00	35,00	2,73	3,65	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0033	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0033	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0034	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0034	15,6	15,61	-	1,00	-1,00	30,00	2,54	3,83	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0035	15,6	15,61	-	1,00	-1,00	30,00	2,54	3,83	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0035	17,5	17,46	24,64	1,00	-1,00	35,00	2,73	3,65	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0036	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0036	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0037	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0037	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0038	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0038	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0039	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0039	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0040	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0040	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0041	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0041	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0042	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0042	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0043	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0043	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0044	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0044	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0045	15,6	15,61	-	1,00	-1,00	30,00	2,54	3,83	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0045	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0047	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0046	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0048	13,7	13,66	-	1,00	-1,00	25,00	2,34	4,03	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0048	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215LU0049	19,2	19,23	24,67	1,00	-1,00	40,00	2,89	3,48	1,00	100	0,00	0,00	0,00
215OU0049	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0238	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0238	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0239	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0239	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0240	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0240	4,0	3,97	-	1,00	-1,00	5,00	1,01	5,36	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0241	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	ACRA _b	ACA _b	ACT _b	DRI _f	DRDS	RDS _b	RDO	DRDST ₀	DRDST ₁	DRDST ₂	DRDPC ₀	DRDM ₀	RDM _b
215LU0030	65,93	65,93	0,00	0,05	0,61	1,96	4,14	0,07	0,00	0,07	0,87	0,94	2,44
215OU0030	72,58	72,58	0,00	0,11	1,19	2,09	3,97	0,08	0,00	0,08	0,87	0,95	2,63
215LU0031	31,58	31,58	0,00	0,11	1,27	2,15	3,97	0,03	0,00	0,03	0,87	0,90	2,72
215OU0031	38,66	38,66	0,00	0,07	0,76	1,79	3,86	0,04	0,00	0,04	0,87	0,91	2,21
215LU0032	38,66	38,66	0,00	0,08	0,90	2,61	3,89	0,04	0,00	0,04	0,87	0,91	3,42
215OU0032	52,46	52,46	0,00	0,08	0,91	2,10	3,86	0,05	0,00	0,05	0,87	0,92	2,65
215LU0033	24,34	24,34	0,00	0,08	0,87	2,54	3,94	0,02	0,00	0,02	0,87	0,89	3,30
215OU0033	38,66	38,66	0,00	0,10	1,10	2,27	3,79	0,04	0,00	0,04	0,87	0,91	2,89
215LU0034	38,66	38,66	0,00	0,06	0,65	1,54	3,76	0,04	0,00	0,04	0,87	0,91	1,86
215OU0034	45,61	45,61	0,00	0,07	0,76	1,64	3,88	0,05	0,00	0,04	0,87	0,91	2,00
215LU0035	45,61	45,61	0,00	0,11	1,27	2,13	3,74	0,04	0,00	0,04	0,97	1,01	2,68
215OU0035	52,46	52,46	0,00	0,06	0,67	1,64	3,70	0,05	0,00	0,05	0,97	1,02	2,00
215LU0036	16,86	16,86	0,00	0,09	1,02	1,96	3,48	0,02	0,00	0,01	0,60	0,62	2,45
215OU0036	24,34	24,34	0,00	0,06	0,64	1,57	3,48	0,02	0,00	0,02	0,60	0,63	1,90
215LU0037	16,86	16,86	0,00	0,15	1,66	2,70	3,65	0,02	0,00	0,01	0,60	0,62	3,56
215OU0037	31,58	31,58	0,00	0,04	0,44	1,39	3,72	0,03	0,00	0,03	0,60	0,63	1,67
215LU0038	31,58	31,58	0,00	0,15	1,73	3,09	3,73	0,03	0,00	0,03	0,60	0,63	4,22
215OU0038	31,58	31,58	0,00	0,05	0,60	2,13	3,77	0,03	0,00	0,03	0,60	0,63	2,69
215LU0039	16,86	16,86	0,00	0,06	0,72	1,70	3,73	0,01	0,00	0,01	0,60	0,62	2,08
215OU0039	31,58	31,58	0,00	0,09	1,04	2,35	3,84	0,03	0,00	0,03	0,60	0,63	3,01
215LU0040	16,86	16,86	0,00	0,08	0,94	1,90	3,75	0,01	0,00	0,01	0,75	0,76	2,36
215OU0040	24,34	24,34	0,00	0,05	0,54	1,56	3,64	0,02	0,00	0,02	0,75	0,77	1,89
215LU0041	16,86	16,86	0,00	0,06	0,66	2,11	3,84	0,01	0,00	0,01	0,75	0,76	2,66
215OU0041	31,58	31,58	0,00	0,03	0,36	0,86	3,51	0,03	0,00	0,03	0,75	0,78	1,00
215LU0042	38,66	38,66	0,00	0,07	0,77	2,36	4,30	0,04	0,00	0,04	0,54	0,58	3,04
215OU0042	24,34	24,34	0,00	0,07	0,76	2,36	4,30	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	3,02
215LU0043	24,34	24,34	0,00	0,10	1,14	2,42	4,02	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	3,11
215OU0043	31,58	31,58	0,00	0,06	0,70	1,79	3,92	0,04	0,00	0,03	0,54	0,58	2,21
215LU0044	24,34	24,34	0,00	0,10	1,17	2,24	3,90	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	2,84
215OU0044	31,58	31,58	0,00	0,07	0,83	1,69	3,82	0,03	0,00	0,03	0,54	0,57	2,07
215LU0045	45,61	45,61	0,00	0,07	0,80	1,75	4,17	0,05	0,00	0,04	0,54	0,59	2,15
215OU0045	31,58	31,58	0,00	0,06	0,73	1,54	4,04	0,03	0,00	0,03	0,54	0,57	1,87
215LU0047	38,66	38,66	0,00	0,04	0,40	1,94	4,05	0,04	0,00	0,04	0,54	0,58	2,42
215OU0046	24,34	24,34	0,00	0,06	0,63	2,04	3,98	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	2,56
215LU0048	38,66	38,66	0,00	0,06	0,65	1,56	4,21	0,03	0,00	0,03	0,54	0,57	1,89
215OU0048	24,34	24,34	0,00	0,04	0,51	1,21	3,86	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	1,44
215LU0049	59,23	59,23	0,00	0,04	0,50	1,55	3,89	0,07	0,00	0,06	0,54	0,61	1,88
215OU0049	24,34	24,34	0,00	0,05	0,58	1,42	3,83	0,02	0,00	0,02	0,54	0,56	1,70
350LU0238	24,34	24,34	0,00	0,12	1,36	1,95	3,91	0,02	0,00	0,02	1,89	1,91	2,43
350OU0238	16,86	16,86	0,00	0,18	1,99	2,65	3,78	0,02	0,00	0,01	1,89	1,91	3,49
350LU0239	31,58	31,58	0,00	0,11	1,23	1,98	3,75	0,03	0,00	0,03	1,89	1,92	2,47
350OU0239	24,34	24,34	0,00	0,14	1,56	2,27	3,76	0,02	0,00	0,02	1,89	1,91	2,90
350LU0240	24,34	24,34	0,00	0,13	1,48	2,17	3,84	0,02	0,00	0,02	1,89	1,91	2,75
350OU0240	8,97	8,97	0,00	0,13	1,50	2,37	3,79	0,01	0,00	0,01	1,89	1,90	3,05
350LU0241	24,34	24,34	0,00	0,11	1,25	1,93	3,69	0,02	0,00	0,02	1,89	1,91	2,39

SEGMENTO	MODELO HDM 4											
	FM	DRI _i	dNPT	ICW	IPT	dNPT _s	dNPT _s	dNPT _s	ADIS _b	ADIS _d	DRI _e	DRI
215LU0030	0,08	0,00	0,29	2,65	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,58
215OU0030	0,08	0,00	0,58	2,93	25,81	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,03	0,63
215LU0031	0,08	0,00	0,29	2,93	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,58
215OU0031	0,08	0,00	0,29	3,17	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,54
215LU0032	0,08	0,00	0,29	3,11	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,57
215OU0032	0,08	0,00	0,29	3,17	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,59
215LU0033	0,08	0,00	0,29	2,98	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,53
215OU0033	0,08	0,00	0,29	3,35	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,57
215LU0034	0,08	0,00	0,29	3,46	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,54
215OU0034	0,08	0,00	0,29	3,12	25,81	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,56
215LU0035	0,08	0,00	0,29	3,16	29,97	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,53
215OU0035	0,08	0,00	0,58	3,24	29,97	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,04	0,49
215LU0036	0,45	0,00	0,29	3,83	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,34
215OU0036	0,45	0,00	0,29	3,81	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,33
215LU0037	0,45	0,00	0,29	3,35	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,40
215OU0037	0,45	0,00	0,29	3,22	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,33
215LU0038	0,45	0,00	0,29	3,18	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,44
215OU0038	0,45	0,00	0,29	3,11	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,34
215LU0039	0,45	0,00	0,00	3,20	35,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,32
215OU0039	0,45	0,00	0,29	3,00	35,94	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,38
215LU0040	0,39	0,00	0,00	2,94	39,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,33
215OU0040	0,39	0,00	0,29	3,14	39,20	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,31
215LU0041	0,39	0,00	0,00	2,79	39,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,31
215OU0041	0,39	0,00	0,58	3,42	39,20	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,04	0,30
215LU0042	0,39	0,00	0,29	2,75	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,52
215OU0042	0,39	0,00	0,29	2,75	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,49
215LU0043	0,39	0,00	0,29	3,16	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,53
215OU0043	0,39	0,00	0,58	3,35	24,86	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,05	0,50
215LU0044	0,39	0,00	0,29	3,41	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,52
215OU0044	0,39	0,00	0,29	3,62	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,50
215LU0045	0,39	0,00	0,29	2,91	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,53
215OU0045	0,39	0,00	0,29	3,12	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,50
215LU0047	0,39	0,00	0,58	3,09	24,86	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,04	0,48
215OU0046	0,39	0,00	0,29	3,24	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,05	0,48
215LU0048	0,39	0,00	0,00	2,86	24,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,51
215OU0048	0,39	0,00	0,29	3,50	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,46
215LU0049	0,39	0,00	0,58	3,42	24,86	0,58	0,00	0,00	10,00	0,00	0,04	0,52
215OU0049	0,39	0,00	0,29	3,57	24,86	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,47
350LU0238	0,41	0,00	0,29	2,35	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,49
350OU0238	0,41	0,00	0,29	2,60	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,53
350LU0239	0,41	0,00	0,29	2,68	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,49
350OU0239	0,41	0,00	0,29	2,64	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,50
350LU0240	0,41	0,00	0,29	2,49	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,50
350OU0240	0,41	0,00	0,17	2,57	43,88	0,17	0,00	0,00	3,00	0,00	0,04	0,47
350LU0241	0,41	0,00	0,29	2,84	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,48

SEGMENTO	HDM 4		ENTRADA		MODELO PRO 159/85							
	RI _b	RI _{av}	t	P	SNC	A'	NA'	A"	NA"	Qle	DQI1	QIA'
215LU0030	26,1	1,72	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	18,5	-18,6	21,0
215OU0030	20,9	1,30	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	12,7	-22,4	15,2
215LU0031	26,8	1,77	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	19,3	-15,8	21,7
215OU0031	20,2	1,29	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	13,2	-20,8	15,6
215LU0032	29,0	1,95	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	21,7	-12,6	24,1
215OU0032	28,0	1,86	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	20,3	-13,7	22,7
215LU0033	26,8	1,80	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	19,9	-15,0	22,3
215OU0033	24,0	1,56	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	16,5	-16,8	18,9
215LU0034	25,2	1,67	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	18,2	-14,8	20,6
215OU0034	23,8	1,55	1,0%	82	4,46	20	2,E+06	15	2,E+06	16,6	-17,6	19,0
215LU0035	24,9	1,65	1,0%	82	4,63	20	2,E+06	15	2,E+06	18,0	-15,6	20,4
215OU0035	24,3	1,62	1,0%	82	4,63	20	2,E+06	15	2,E+06	17,9	-15,4	20,2
215LU0036	20,3	1,39	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	15,9	-16,3	18,2
215OU0036	23,9	1,67	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	19,5	-12,7	21,8
215LU0037	21,9	1,48	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	16,7	-17,4	19,1
215OU0037	23,2	1,62	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	18,9	-15,9	21,4
215LU0038	25,1	1,71	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	19,3	-15,8	21,8
215OU0038	23,0	1,59	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	18,5	-17,1	21,0
215LU0039	20,3	1,40	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	16,2	-18,8	18,6
215OU0039	22,3	1,52	1,0%	82	4,63	20	1,E+06	15	1,E+06	17,3	-19,2	19,8
215LU0040	24,2	1,70	1,0%	82	4,80	20	2,E+06	15	1,E+06	20,0	-16,0	22,5
215OU0040	23,4	1,64	1,0%	82	4,80	20	2,E+06	15	1,E+06	19,4	-15,1	21,8
215LU0041	24,9	1,77	1,0%	82	4,80	20	2,E+06	15	1,E+06	21,0	-16,4	23,5
215OU0041	20,0	1,39	1,0%	82	4,80	20	2,E+06	15	1,E+06	16,1	-16,9	18,5
215LU0042	24,7	1,64	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	18,0	-21,1	20,6
215OU0042	24,3	1,63	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	18,0	-21,1	20,6
215LU0043	27,3	1,84	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	20,5	-15,1	23,0
215OU0043	26,9	1,82	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	20,4	-14,2	22,8
215LU0044	22,7	1,49	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	16,0	-18,3	18,4
215OU0044	23,4	1,54	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	16,8	-16,8	19,2
215LU0045	22,8	1,49	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	16,0	-21,5	18,5
215OU0045	24,9	1,66	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	18,4	-17,5	20,9
215LU0047	22,6	1,50	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	16,3	-19,7	18,8
215OU0046	26,0	1,76	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	19,8	-15,4	22,2
215LU0048	25,3	1,70	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	18,8	-19,2	21,3
215OU0048	21,2	1,40	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	15,3	-18,7	17,6
215LU0049	23,2	1,52	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	16,4	-17,9	18,8
215OU0049	24,4	1,64	1,0%	82	4,29	20	2,E+06	15	1,E+06	18,3	-15,5	20,6
350LU0238	24,5	1,64	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	18,1	-13,7	20,8
350OU0238	23,6	1,55	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	16,7	-13,7	19,3
350LU0239	21,1	1,38	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	14,7	-15,3	17,3
350OU0239	21,8	1,42	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	15,2	-15,0	17,8
350LU0240	21,0	1,37	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	14,5	-16,4	17,2
350OU0240	22,3	1,48	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	16,2	-14,3	18,8
350LU0241	21,2	1,40	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	15,0	-14,5	17,6

SEGMENTO	MODELO MECANÍSTICO				MODELO HDM III				
	IRI ₀	T	IRI	QI	AGE3	SNPK _a	YE4	RDS _b	RDS _a
215LU0030	1,42	60	2,06	26,7	15	5,13	0,59	1,9	1,4
215OU0030	0,98	60	1,46	19,0	15	5,13	0,59	2,0	1,4
215LU0031	1,48	60	2,13	27,7	15	5,13	0,59	1,9	1,4
215OU0031	1,02	60	1,52	19,7	15	5,13	0,59	1,7	1,2
215LU0032	1,67	60	2,34	30,4	15	5,13	0,59	2,1	1,7
215OU0032	1,56	60	2,22	28,9	15	5,13	0,59	1,9	1,4
215LU0033	1,53	60	2,18	28,4	15	5,13	0,59	2,1	1,7
215OU0033	1,27	60	1,87	24,2	15	5,13	0,59	2,0	1,5
215LU0034	1,40	60	2,03	26,4	15	5,13	0,59	1,6	1,0
215OU0034	1,28	60	1,87	24,3	15	5,13	0,59	1,7	1,1
215LU0035	1,38	70	2,01	26,1	15	5,30	0,59	1,9	1,4
215OU0035	1,38	70	2,00	26,0	15	5,30	0,59	1,7	1,1
215LU0036	1,22	70	1,80	23,4	15	5,30	0,37	1,7	1,4
215OU0036	1,50	70	2,15	27,9	15	5,30	0,37	1,5	1,2
215LU0037	1,28	70	1,88	24,4	15	5,30	0,37	2,1	1,8
215OU0037	1,46	70	2,10	27,3	15	5,30	0,37	1,4	1,1
215LU0038	1,48	70	2,13	27,7	15	5,30	0,37	2,3	2,1
215OU0038	1,42	70	2,06	26,7	15	5,30	0,37	1,8	1,5
215LU0039	1,24	70	1,83	23,8	15	5,30	0,37	1,6	1,3
215OU0039	1,33	70	1,94	25,3	15	5,30	0,37	1,9	1,7
215LU0040	1,54	80	2,19	28,5	15	5,47	0,42	1,7	1,3
215OU0040	1,49	80	2,14	27,8	15	5,47	0,42	1,5	1,1
215LU0041	1,61	80	2,28	29,7	15	5,47	0,42	1,8	1,4
215OU0041	1,24	80	1,82	23,7	15	5,47	0,42	1,4	0,5
215LU0042	1,38	50	2,01	26,1	15	4,95	0,42	2,0	1,7
215OU0042	1,38	50	2,01	26,1	15	4,95	0,42	2,0	1,7
215LU0043	1,58	50	2,24	29,1	15	4,95	0,42	2,0	1,8
215OU0043	1,57	50	2,23	29,0	15	4,95	0,42	1,7	1,4
215LU0044	1,23	50	1,81	23,5	15	4,95	0,42	1,9	1,7
215OU0044	1,29	50	1,89	24,6	15	4,95	0,42	1,6	1,3
215LU0045	1,23	50	1,81	23,5	15	4,95	0,42	1,7	1,4
215OU0045	1,42	50	2,04	26,6	15	4,95	0,42	1,6	1,2
215LU0047	1,26	50	1,84	24,0	15	4,95	0,42	1,8	1,5
215OU0046	1,52	50	2,17	28,2	15	4,95	0,42	1,8	1,5
215LU0048	1,44	50	2,08	27,0	15	4,95	0,42	1,6	1,2
215OU0048	1,17	50	1,73	22,5	15	4,95	0,42	1,4	1,0
215LU0049	1,26	50	1,85	24,0	15	4,95	0,42	1,6	1,3
215OU0049	1,40	50	2,03	26,4	15	4,95	0,42	1,5	1,1
350LU0236	1,39	90	2,02	26,2	8	5,52	0,96	2,1	0,7
350OU0236	1,28	90	1,88	24,4	8	5,52	0,96	2,1	1,3
350LU0239	1,13	90	1,68	21,9	8	5,52	0,96	2,1	0,7
350OU0239	1,17	90	1,73	22,5	8	5,52	0,96	2,1	1,0
350LU0240	1,12	90	1,66	21,6	8	5,52	0,96	2,1	0,9
350OU0240	1,25	90	1,83	23,9	8	5,52	0,96	2,0	1,1
350LU0241	1,16	90	1,71	22,3	8	5,52	0,96	2,2	0,7

SEGMENTO	MODELO HDM III										
	ΔCRX_d	CRA_d	CRW_d	$\Delta APOT_d$	QI_a	SNP_a	$dSNPK$	CRX_a	HSNEW	ECR	HSOLD
215LU0030	13,0	61,3	12,5	0	18,5	5,13	0	29,85	0	29,85	0
215OU0030	14,4	67,2	19,5	0	12,7	5,13	0	34,90	0	34,90	0
215LU0031	9,6	30,8	12,5	0	19,3	5,13	0	14,35	0	14,35	0
215OU0031	10,4	37,1	12,5	0	13,2	5,13	0	17,45	0	17,45	0
215LU0032	10,4	37,1	12,5	0	21,7	5,13	0	17,45	0	17,45	0
215OU0032	11,8	49,3	12,5	0	20,3	5,13	0	23,65	0	23,65	0
215LU0033	8,7	24,4	12,5	0	19,9	5,13	0	11,25	0	11,25	0
215OU0033	10,4	37,1	12,5	0	16,5	5,13	0	17,45	0	17,45	0
215LU0034	10,4	37,1	12,5	0	18,2	5,13	0	17,45	0	17,45	0
215OU0034	11,1	43,3	12,5	0	16,6	5,13	0	20,55	0	20,55	0
215LU0035	11,1	43,3	12,5	0	18,0	5,30	0	20,55	0	20,55	0
215OU0035	12,6	49,3	19,5	0	17,9	5,30	0	25,60	0	25,60	0
215LU0036	7,7	17,7	12,5	0	15,9	5,30	0	8,15	0	8,15	0
215OU0036	8,7	24,4	12,5	0	19,5	5,30	0	11,25	0	11,25	0
215LU0037	7,7	17,7	12,5	0	16,7	5,30	0	8,15	0	8,15	0
215OU0037	9,6	30,8	12,5	0	18,9	5,30	0	14,35	0	14,35	0
215LU0038	9,6	30,8	12,5	0	19,3	5,30	0	14,35	0	14,35	0
215OU0038	9,6	30,8	12,5	0	18,5	5,30	0	14,35	0	14,35	0
215LU0039	5,7	17,7	2,4	0	16,2	5,30	0	6,20	0	6,20	0
215OU0039	9,6	30,8	12,5	0	17,3	5,30	0	14,35	0	14,35	0
215LU0040	5,7	17,7	2,4	0	20,0	5,47	0	6,20	0	6,20	0
215OU0040	8,7	24,4	12,5	0	19,4	5,47	0	11,25	0	11,25	0
215LU0041	5,7	17,7	2,4	0	21,0	5,47	0	6,20	0	6,20	0
215OU0041	10,4	30,8	19,5	0	16,1	5,47	0	16,30	0	16,30	0
215LU0042	10,4	37,1	12,5	0	18,0	4,95	0	17,45	0	17,45	0
215OU0042	8,7	24,4	12,5	0	18,0	4,95	0	11,25	0	11,25	0
215LU0043	8,7	24,4	12,5	0	20,5	4,95	0	11,25	0	11,25	0
215OU0043	10,4	30,8	19,5	0	20,4	4,95	0	16,30	0	16,30	0
215LU0044	8,7	24,4	12,5	0	16,0	4,95	0	11,25	0	11,25	0
215OU0044	9,6	30,8	12,5	0	16,8	4,95	0	14,35	0	14,35	0
215LU0045	11,1	43,3	12,5	0	16,0	4,95	0	20,55	0	20,55	0
215OU0045	9,6	30,8	12,5	0	18,4	4,95	0	14,35	0	14,35	0
215LU0047	11,2	37,1	19,5	0	16,3	4,95	0	19,40	0	19,40	0
215OU0046	8,7	24,4	12,5	0	19,8	4,95	0	11,25	0	11,25	0
215LU0048	8,5	37,1	2,4	0	18,8	4,95	0	15,50	0	15,50	0
215OU0048	8,7	24,4	12,5	0	15,3	4,95	0	11,25	0	11,25	0
215LU0049	13,2	55,4	19,5	0	16,4	4,95	0	28,70	0	28,70	0
215OU0049	8,7	24,4	12,5	0	18,3	4,95	0	11,25	0	11,25	0
350LU0238	8,7	24,4	12,5	0	18,1	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0238	7,7	17,7	12,5	0	16,7	5,52	0	8,15	0	8,15	0
350LU0239	9,6	30,8	12,5	0	14,7	5,52	0	14,35	0	14,35	0
350OU0239	8,7	24,4	12,5	0	15,2	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350LU0240	8,7	24,4	12,5	0	14,5	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0240	5,9	10,6	9,3	0	16,2	5,52	0	4,27	0	4,27	0
350LU0241	8,7	24,4	12,5	0	15,0	5,52	0	11,25	0	11,25	0

SEGMENTO	MODELO HDM III				
	CRX _a	PCR _X	PAC _X	ΔQI	QI _b
215LU0030	29,85	0	0	4,3	22,8
215OU0030	34,90	0	0	3,7	16,5
215LU0031	14,35	0	0	4,0	23,3
215OU0031	17,45	0	0	3,4	16,6
215LU0032	17,45	0	0	4,3	25,9
215OU0032	23,65	0	0	4,3	24,6
215LU0033	11,25	0	0	3,9	23,8
215OU0033	17,45	0	0	3,7	20,3
215LU0034	17,45	0	0	4,1	22,3
215OU0034	20,55	0	0	3,9	20,5
215LU0035	20,55	0	0	4,0	22,0
215OU0035	25,60	0	0	4,3	22,2
215LU0036	8,15	0	0	3,1	19,0
215OU0036	11,25	0	0	3,7	23,2
215LU0037	8,15	0	0	3,1	19,8
215OU0037	14,35	0	0	3,8	22,7
215LU0038	14,35	0	0	3,6	22,9
215OU0038	14,35	0	0	3,6	22,1
215LU0039	6,20	0	0	3,0	19,2
215OU0039	14,35	0	0	3,4	20,7
215LU0040	6,20	0	0	3,5	23,5
215OU0040	11,25	0	0	3,8	23,2
215LU0041	6,20	0	0	3,6	24,6
215OU0041	16,30	0	0	4,2	20,3
215LU0042	17,45	0	0	3,6	21,6
215OU0042	11,25	0	0	3,4	21,4
215LU0043	11,25	0	0	3,7	24,3
215OU0043	16,30	0	0	4,0	24,4
215LU0044	11,25	0	0	3,2	19,2
215OU0044	14,35	0	0	3,5	20,3
215LU0045	20,55	0	0	3,5	19,5
215OU0045	14,35	0	0	3,7	22,1
215LU0047	19,40	0	0	3,5	19,9
215OU0046	11,25	0	0	3,7	23,5
215LU0048	15,50	0	0	3,6	22,4
215OU0048	11,25	0	0	3,3	18,5
215LU0049	28,70	0	0	3,8	20,2
215OU0049	11,25	0	0	3,6	21,8
350LU0238	11,25	0	0	5,2	23,3
350OU0238	8,15	0	0	4,1	20,8
350LU0239	14,35	0	0	4,8	19,6
350OU0239	11,25	0	0	4,3	19,5
350LU0240	11,25	0	0	4,4	18,9
350OU0240	4,27	0	0	4,1	20,3
350LU0241	11,25	0	0	4,9	20,0

SEGMENTO	QI MEDIDO		QI PROJETADO				ENTRADA DE DADOS								
	1998	2003	PRO 159/85	HDM III	HDM 4	Mecani- stico	a1	h1	a2	h2	a3	h3	a4	h4	a5
350OU0244	16,0	23,9	18,5	20,4	22,2	23,6	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0245	15,8	23,3	18,2	21,0	22,3	23,3	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0245	15,1	24,2	17,5	19,8	21,1	22,3	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0246	18,3	29,9	20,9	24,2	24,6	26,5	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0246	17,5	28,0	20,1	22,1	23,8	25,5	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0247	14,7	26,2	17,2	22,3	21,6	21,9	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0247	15,3	27,7	17,7	31,7	22,0	22,6	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0248	14,6	25,4	17,2	19,1	21,1	21,7	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0248	15,4	24,7	17,9	19,8	21,9	22,8	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0249	15,6	25,0	18,1	20,2	22,4	23,0	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0249	16,5	25,0	19,0	20,8	22,8	24,2	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0250	17,3	28,7	20,0	21,9	24,2	25,2	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0250	17,2	28,8	19,8	22,0	23,7	25,1	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0251	16,5	28,8	19,2	21,2	23,3	24,3	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0251	14,8	26,2	17,4	19,0	21,3	22,0	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0252	16,6	28,5	19,2	21,0	23,4	24,4	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0252	16,2	26,5	18,7	20,6	22,8	23,8	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0253	15,2	24,1	17,7	19,7	21,8	22,5	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0253	17,6	29,2	20,1	22,1	23,9	25,6	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0254	14,9	26,9	17,4	19,5	21,6	22,1	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0254	18,2	25,9	20,7	22,9	24,9	26,4	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0255	14,9	23,8	17,3	19,3	21,6	22,1	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0255	14,6	23,9	17,1	18,9	21,2	21,7	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0256	14,8	22,4	17,3	19,4	21,5	22,0	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0256	12,6	20,8	15,1	16,6	19,1	18,8	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0257	16,1	25,0	18,6	20,7	22,7	23,7	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0257	13,1	21,7	15,6	17,3	19,6	19,6	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0258	17,4	24,3	19,9	22,2	23,9	25,3	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0258	14,0	21,7	16,5	18,3	20,8	20,9	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0259	16,7	27,7	19,2	21,5	23,0	24,5	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0259	16,1	21,9	18,6	20,2	22,4	23,7	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0260	14,4	23,5	16,9	18,7	20,9	21,4	0,4	90		0		0	0,15	160	
350OU0260	13,9	21,1	16,4	18,0	20,6	20,8	0,4	90		0		0	0,15	160	
350LU0265	15,3	23,0	18,3	18,8	19,3	22,6	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0265	16,2	25,5	19,2	20,0	20,1	23,9	0,4	110		0		0		0	0,14
350LU0266	15,7	25,5	18,5	19,3	19,7	23,2	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0266	19,4	23,8	22,3	23,5	23,9	27,9	0,4	110		0		0		0	0,14
350LU0267	19,6	26,8	22,4	23,6	23,4	28,1	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0267	16,3	25,0	19,2	20,0	20,1	23,9	0,4	110		0		0		0	0,14
350LU0268	20,8	27,4	23,6	24,8	24,5	29,5	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0268	18,3	28,8	21,1	22,1	22,0	26,5	0,4	110		0		0		0	0,14
350LU0269	21,9	30,3	24,8	26,1	26,6	30,7	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0269	20,2	31,7	23,0	24,4	24,6	28,8	0,4	110		0		0		0	0,14
350LU0270	21,3	28,9	24,6	25,3	25,7	30,1	0,4	110		0		0		0	0,14
350OU0270	20,9	29,0	23,9	25,3	25,5	29,6	0,4	110		0		0		0	0,14

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	h5	a6	z6	a7	z7	a8	z8	a9	z9	CBR _s	UCS	d	p
350OU0244	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0245	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0245	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0246	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0246	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0247	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0247	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0248	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0248	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0249	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0249	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0250	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0250	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0251	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0251	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0252	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0252	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0253	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0253	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0254	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0254	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0255	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0255	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0256	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0256	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0257	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0257	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0258	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0258	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0259	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0259	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0260	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350OU0260	0		0		0		0	0,10	300	15,0	2,0	0,667	5
350LU0265	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0265	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350LU0266	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0266	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350LU0267	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0267	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350LU0268	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0268	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350LU0269	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0269	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350LU0270	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5
350OU0270	150		0		0		0	0,10	300	11,0	2,0	0,667	5

SEGMENTO	ENTRADA DE DADOS												
	MMP	APOT _a	DF _a	PCRA	PCRW	ACA _a	ACW _a	HSNEW	HSOLD	AGE3	YE4	m	M ou N
350OU0244	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	3,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0245	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350OU0245	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0246	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350OU0246	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	3,0	0	0	8	0,96	0,03	SIM
350LU0247	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0247	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0248	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0248	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0249	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0249	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0250	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0250	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	3,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0251	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0251	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0252	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0252	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0253	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0253	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0254	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0254	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0255	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0255	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0256	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0256	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	2,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0257	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0257	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	2,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0258	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0258	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	2,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0259	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0259	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0260	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	5,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350OU0260	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	1,03	0,03	SIM
350LU0265	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	5,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350OU0265	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	3,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350LU0266	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350OU0266	0,128	0	2	0,0	0,0	20,0	5,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350LU0267	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350OU0267	0,128	0	2	0,0	0,0	15,0	0,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350LU0268	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	0,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350OU0268	0,128	0	2	0,0	0,0	8,2	0,0	0	0	8	0,51	0,03	NÃO
350LU0269	0,128	0	2	0,0	0,0	10,0	0,0	0	0	8	0,60	0,03	NÃO
350OU0269	0,128	0	2	0,0	0,0	10,8	0,2	0	0	8	0,60	0,03	NÃO
350LU0270	0,128	0	2	0,0	0,0	5,0	0,0	0	0	8	0,60	0,03	NÃO
350OU0270	0,128	0	2	0,0	0,0	14,2	2,6	0	0	8	0,60	0,03	NÃO

SEGMENTO	ENTRADA DE DADOS												
	M ou N	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	CDS	DEF	CMOD	CRT	e ₀	e ₁	AGE2
350OU0244	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,22	5	0	2,13	0,35	8
350LU0245	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,23	5	0	2,13	0,35	8
350OU0245	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,21	5	0	2,13	0,35	8
350LU0246	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,32	5	0	2,13	0,35	8
350OU0246	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,32	5	0	2,13	0,35	8
350LU0247	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,20	5	0	2,13	0,35	8
350OU0247	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,22	5	0	2,13	0,35	8
350LU0248	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,30	5	0	2,13	0,35	8
350OU0248	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,25	5	0	2,13	0,35	8
350LU0249	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,26	5	0	2,13	0,35	8
350OU0249	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,29	5	0	2,13	0,35	8
350LU0250	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,41	5	0	2,13	0,35	8
350OU0250	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,37	5	0	2,13	0,35	8
350LU0251	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,42	5	0	2,13	0,35	8
350OU0251	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,38	5	0	2,13	0,35	8
350LU0252	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,33	5	0	2,13	0,35	8
350OU0252	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,29	5	0	2,13	0,35	8
350LU0253	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,27	5	0	2,13	0,35	8
350OU0253	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,30	5	0	2,13	0,35	8
350LU0254	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,28	5	0	2,13	0,35	8
350OU0254	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,26	5	0	2,13	0,35	8
350LU0255	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,21	5	0	2,13	0,35	8
350OU0255	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,20	5	0	2,13	0,35	8
350LU0256	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,26	5	0	2,13	0,35	8
350OU0256	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,25	5	0	2,13	0,35	8
350LU0257	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,21	5	0	2,13	0,35	8
350OU0257	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,22	5	0	2,13	0,35	8
350LU0258	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,28	5	0	2,13	0,35	8
350OU0258	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,24	5	0	2,13	0,35	8
350LU0259	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,25	5	0	2,13	0,35	8
350OU0259	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,28	5	0	2,13	0,35	8
350LU0260	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,27	5	0	2,13	0,35	8
350OU0260	NÃO	1,12	0,035	0,371	-0,418	-2,87	1	0,24	5	0	2,13	0,35	8
350LU0265	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,59	0	0	1,84	0,45	8
350OU0265	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,58	0	0	1,84	0,45	8
350LU0266	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,53	0	0	1,84	0,45	8
350OU0266	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,53	0	0	1,84	0,45	8
350LU0267	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,48	0	0	1,84	0,45	8
350OU0267	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,56	0	0	1,84	0,45	8
350LU0268	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,48	0	0	1,84	0,45	8
350OU0268	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,46	0	0	1,84	0,45	8
350LU0269	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,56	0	0	1,84	0,45	8
350OU0269	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,50	0	0	1,84	0,45	8
350LU0270	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,71	0	0	1,84	0,45	8
350OU0270	NÃO	4,21	0,14	-17,21	0	0	1	0,61	0	0	1,84	0,45	8

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	k_{opa}	CCT	PNCT	NCT_{eq}	T_{eq}	NCT_a	g_0	g_0	g_1	g_2	ACT_a	RDS_a	COMP
350OU0244	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350LU0245	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,6	95
350OU0245	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,5	95
350LU0246	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,5	95
350OU0246	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0247	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,3	95
350OU0247	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,0	95
350LU0248	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0248	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0249	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350OU0249	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0250	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350OU0250	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0251	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0251	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350LU0252	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,6	95
350OU0252	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0253	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0253	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0254	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0254	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350LU0255	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
350OU0255	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0256	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350OU0256	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0257	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0257	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0258	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350OU0258	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0259	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,6	95
350OU0259	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350LU0260	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0260	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0265	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,0	95
350OU0265	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
350LU0266	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,2	95
350OU0266	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	1,1	95
350LU0267	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0267	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,7	95
350LU0268	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0268	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
350LU0269	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0269	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,9	95
350LU0270	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95
350OU0270	1	100	0	100	7	0	0,25	1	-1	0,02	0	0,8	95

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	Sh	n_0	n_1
350OU0244	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0245	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0245	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0246	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0246	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0247	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0247	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0248	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0248	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0249	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0249	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0250	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0250	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0251	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0251	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0252	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0252	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0253	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0253	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0254	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0254	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0255	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0255	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0256	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0256	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0257	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0257	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0258	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0258	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0259	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0259	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0260	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0260	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0265	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0265	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0266	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0266	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0267	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0267	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0268	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0268	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0269	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0269	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350LU0270	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78
350OU0270	5,E+04	0,09	0,038	-5,E-01	-2,3	2E-05	-0,84	0,14	1,07	1,11	80	2,46	-0,78

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	n_2	AGE4	RDM _a	CW	AADT	M ou N	NPT _a	TLF	CDB	YAX	h ₀	h ₁	h ₂
350OU0244	0,71	8	0,9	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0245	0,71	8	0,4	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350OU0245	0,71	8	0,4	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0246	0,71	8	0,3	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350OU0246	0,71	8	0,8	7	2969	SIM	0	0,02	1	1,125	3	0,5	1
350LU0247	0,71	8	0,1	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0247	0,71	8	0,0	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0248	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0248	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0249	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0249	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0250	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0250	0,71	8	0,7	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0251	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0251	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0252	0,71	8	1,0	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0252	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0253	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0253	0,71	8	0,7	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0254	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0254	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0255	0,71	8	1,0	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0255	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0256	0,71	8	0,6	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0256	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0257	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0257	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0258	0,71	8	0,8	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0258	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0259	0,71	8	0,6	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0259	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0260	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350OU0260	0,71	8	0,9	7	3185	SIM	0	0,02	1	1,206	3	0,5	1
350LU0265	0,71	8	1,3	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350OU0265	0,71	8	0,9	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350LU0266	0,71	8	1,5	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350OU0266	0,71	8	1,8	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350LU0267	0,71	8	0,8	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350OU0267	0,71	8	0,7	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350LU0268	0,71	8	0,8	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350OU0268	0,71	8	0,9	7	1882	SIM	0	0,02	1	0,713	2	0,5	1
350LU0269	0,71	8	1,2	7	2208	SIM	0	0,02	1	0,837	2	0,5	1
350OU0269	0,71	8	0,9	7	2208	SIM	0	0,02	1	0,837	2	0,5	1
350LU0270	0,71	8	1,2	7	2208	SIM	0	0,02	1	0,837	2	0,5	1
350OU0270	0,71	8	1,0	7	2208	SIM	0	0,02	1	0,837	2	0,5	1

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS												
	h_3	h_4	l_0	l_1	l_2	ADIS _s	l_{u0}	l_{u1}	l_{u2}	l_{u3}	l_{u4}	l_{u0}	l_{u1}
350OU0244	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0245	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0245	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0246	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0246	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0247	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0247	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0248	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0248	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0249	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0249	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0250	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0250	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0251	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0251	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0252	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0252	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0253	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0253	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0254	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0254	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0255	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0255	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0256	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0256	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0257	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0257	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0258	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0258	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0259	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0259	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0260	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350OU0260	0,5	0,05	1,46	0,98	0	0	0,5	1	10	0,005	0,08	0,1	1
350LU0265	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0265	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350LU0266	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0266	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350LU0267	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0267	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350LU0268	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0268	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350LU0269	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0269	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350LU0270	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1
350OU0270	0,5	0,05	2,46	0,93	0	0	1	1	10	0,005	0,08	0,2	1

SEGMENTO	ENTRADA DE DATOS									COEFICIENTES			
	j_{s2}	j_{s3}	j_{s4}	j_{d0}	j_{d1}	j_{d2}	j_{d3}	j_{d4}	a_g	Rl_g	m	k_{gm}	HS
350OU0244	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,23	0,03	1	90
350LU0245	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,21	0,03	1	90
350OU0245	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,16	0,03	1	90
350LU0246	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,41	0,03	1	90
350OU0246	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,35	0,03	1	90
350LU0247	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,13	0,03	1	90
350OU0247	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,18	0,03	1	90
350LU0248	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,13	0,03	1	90
350OU0248	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,19	0,03	1	90
350LU0249	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,20	0,03	1	90
350OU0249	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,27	0,03	1	90
350LU0250	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,33	0,03	1	90
350OU0250	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,32	0,03	1	90
350LU0251	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,27	0,03	1	90
350OU0251	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,14	0,03	1	90
350LU0252	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,28	0,03	1	90
350OU0252	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,24	0,03	1	90
350LU0253	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,17	0,03	1	90
350OU0253	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,35	0,03	1	90
350LU0254	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,15	0,03	1	90
350OU0254	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,40	0,03	1	90
350LU0255	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,14	0,03	1	90
350OU0255	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,13	0,03	1	90
350LU0256	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,14	0,03	1	90
350OU0256	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	0,97	0,03	1	90
350LU0257	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,24	0,03	1	90
350OU0257	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,01	0,03	1	90
350LU0258	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,34	0,03	1	90
350OU0258	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,08	0,03	1	90
350LU0259	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,28	0,03	1	90
350OU0259	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,24	0,03	1	90
350LU0260	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,11	0,03	1	90
350OU0260	10	0,005	0,08	0,035	1	10	0,005	0,08	100	1,07	0,03	1	90
350LU0265	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,17	0,03	1	110
350OU0265	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,25	0,03	1	110
350LU0266	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,21	0,03	1	110
350OU0266	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,49	0,03	1	110
350LU0267	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,51	0,03	1	110
350OU0267	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,25	0,03	1	110
350LU0268	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,60	0,03	1	110
350OU0268	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,41	0,03	1	110
350LU0269	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,68	0,03	1	110
350OU0269	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,56	0,03	1	110
350LU0270	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,64	0,03	1	110
350OU0270	10	0,005	0,08	0,07	1	10	0,005	0,08	100	1,60	0,03	1	110

SEGMENTO	COEFICIENTES												
	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
350OU0244	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0245	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0245	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0246	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0246	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0247	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0247	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0248	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0248	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0249	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0249	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0250	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0250	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0251	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0251	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0252	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0252	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0253	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0253	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0254	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0254	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0255	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0255	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0256	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0256	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0257	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0257	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0258	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0258	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0259	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0259	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0260	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0260	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0265	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0265	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0266	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0266	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0267	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0267	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0268	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0268	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0269	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0269	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350LU0270	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002
350OU0270	134	8E-05	63	40	0,007	0,088	2E-04	2,0	1,5	1,6	0,6	0,008	0,002

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	NSUBG	SNP _d	fs	f	ACRA _g	ACX _g	PACX	DRI _c	DACRA	ICA	KW	KA	HSE
350OU0244	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	7,37	0,00	0,05	6,86	2,10	0,00	0,00	0,00
350LU0245	1,26	2,60	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,08	11,58	2,00	0,00	0,00	0,00
350OU0245	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	2,17	0,00	0,00	0,00
350LU0246	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,38	0,00	0,00	0,00
350OU0246	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	7,37	0,00	0,05	6,86	1,36	0,00	0,00	0,00
350LU0247	1,26	2,60	1,00	1,00	20,00	12,40	0,00	0,08	11,58	2,23	0,00	0,00	0,00
350OU0247	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	2,04	0,00	0,00	0,00
350LU0248	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	1,36	0,00	0,00	0,00
350OU0248	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,73	0,00	0,00	0,00
350LU0249	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,67	0,00	0,00	0,00
350OU0249	1,26	2,60	1,00	1,00	5,00	3,10	0,00	0,03	3,97	1,45	0,00	0,00	0,00
350LU0250	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	9,30	0,00	0,06	9,34	0,88	0,00	0,00	0,00
350OU0250	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	7,37	0,00	0,05	6,86	1,03	0,00	0,00	0,00
350LU0251	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	0,86	0,00	0,00	0,00
350OU0251	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,01	0,00	0,00	0,00
350LU0252	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,24	0,00	0,00	0,00
350OU0252	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,43	0,00	0,00	0,00
350LU0253	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	9,30	0,00	0,06	9,34	1,61	0,00	0,00	0,00
350OU0253	1,26	2,60	1,00	1,00	5,00	3,10	0,00	0,03	3,97	1,40	0,00	0,00	0,00
350LU0254	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	1,51	0,00	0,00	0,00
350OU0254	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,68	0,00	0,00	0,00
350LU0255	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,06	9,34	2,05	0,00	0,00	0,00
350OU0255	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	2,23	0,00	0,00	0,00
350LU0256	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	9,30	0,00	0,06	9,34	1,63	0,00	0,00	0,00
350OU0256	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,98	0,00	0,05	6,86	1,76	0,00	0,00	0,00
350LU0257	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	2,12	0,00	0,00	0,00
350OU0257	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,98	0,00	0,05	6,86	1,98	0,00	0,00	0,00
350LU0258	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	1,54	0,00	0,00	0,00
350OU0258	1,26	2,60	1,00	1,00	15,00	10,08	0,00	0,06	9,34	1,78	0,00	0,00	0,00
350LU0259	1,26	2,60	1,00	1,00	5,00	5,05	0,00	0,03	3,97	1,77	0,00	0,00	0,00
350OU0259	1,26	2,60	1,00	1,00	5,00	3,10	0,00	0,03	3,97	1,48	0,00	0,00	0,00
350LU0260	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	8,15	0,00	0,05	6,86	1,57	0,00	0,00	0,00
350OU0260	1,26	2,60	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,05	6,86	1,85	0,00	0,00	0,00
350LU0265	1,08	2,61	1,00	1,00	15,00	11,25	0,00	0,05	6,96	1,68	0,00	0,00	0,00
350OU0265	1,08	2,61	1,00	1,00	15,00	10,47	0,00	0,05	6,96	1,68	0,00	0,00	0,00
350LU0266	1,08	2,61	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,05	8,32	1,68	0,00	0,00	0,00
350OU0266	1,08	2,61	1,00	1,00	20,00	14,35	0,00	0,05	8,32	1,68	0,00	0,00	0,00
350LU0267	1,08	2,61	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,04	5,38	1,68	0,00	0,00	0,00
350OU0267	1,08	2,61	1,00	1,00	15,00	9,30	0,00	0,05	6,96	1,68	0,00	0,00	0,00
350LU0268	1,08	2,61	1,00	1,00	5,00	3,10	0,00	0,02	3,40	1,68	0,00	0,00	0,00
350OU0268	1,08	2,61	1,00	1,00	8,16	5,06	0,00	0,03	4,72	1,68	0,00	0,00	0,00
350LU0269	1,08	2,61	1,00	1,00	10,00	6,20	0,00	0,04	5,38	1,35	0,00	0,00	0,00
350OU0269	1,08	2,61	1,00	1,00	10,78	6,76	0,00	0,04	5,65	1,35	0,00	0,00	0,00
350LU0270	1,08	2,61	1,00	1,00	5,00	3,10	0,00	0,02	3,40	1,35	0,00	0,00	0,00
350OU0270	1,08	2,61	1,00	1,00	14,24	9,83	0,00	0,04	6,74	1,35	0,00	0,00	0,00

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	dACA1	dACA2	dACA3	dt _A	Z _A	SCA	Y	f _i	CRP	ICT	dNCT	dACT	dt _T
350OU0244	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0245	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0245	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0246	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0246	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0247	11,6	11,58	-	1,00	-1,00	20,00	2,11	4,27	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0247	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0248	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0248	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0249	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0249	4,0	3,97	-	1,00	-1,00	5,00	1,01	5,36	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0250	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0250	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0251	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0251	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0252	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0252	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0253	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0253	4,0	3,97	-	1,00	-1,00	5,00	1,01	5,36	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0254	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0254	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0255	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0255	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0256	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0256	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0257	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0257	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0258	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0258	9,3	9,34	-	1,00	-1,00	15,00	1,83	4,54	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0259	4,0	3,97	-	1,00	-1,00	5,00	1,01	5,36	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0259	4,0	3,97	-	1,00	-1,00	5,00	1,01	5,36	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0260	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0260	6,9	6,86	-	1,00	-1,00	10,00	1,49	4,88	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0265	7,0	6,96	-	1,00	-1,00	15,00	2,55	7,42	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0265	7,0	6,96	-	1,00	-1,00	15,00	2,55	7,42	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0266	8,3	8,32	-	1,00	-1,00	20,00	3,02	6,95	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0266	8,3	8,32	-	1,00	-1,00	20,00	3,02	6,95	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0267	5,4	5,38	-	1,00	-1,00	10,00	1,99	7,98	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0267	7,0	6,96	-	1,00	-1,00	15,00	2,55	7,42	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0268	3,4	3,40	-	1,00	-1,00	5,00	1,24	8,74	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0268	4,7	4,72	-	1,00	-1,00	8,16	1,74	8,23	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0269	5,4	5,38	-	1,00	-1,00	10,00	1,99	7,98	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0269	5,7	5,65	-	1,00	-1,00	10,78	2,09	7,89	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350LU0270	3,4	3,40	-	1,00	-1,00	5,00	1,24	8,74	1,00	100	0,00	0,00	0,00
350OU0270	6,7	6,74	-	1,00	-1,00	14,24	2,48	7,50	1,00	100	0,00	0,00	0,00

SEGMENTO	MODELO HDM 4												
	ACRA _b	ACA _b	ACT _b	DR _l	DRDS	RDS _b	RDO	DRDST _b	DRDST _b	DRDST _b	DRDPD _b	DRDM _b	RDM _b
350OU0244	16,86	16,86	0,00	0,13	1,43	2,18	3,51	0,01	0,00	0,01	1,89	1,91	2,77
350LU0245	31,58	31,58	0,00	0,12	1,33	1,91	3,53	0,03	0,00	0,03	1,89	1,92	2,37
350OU0245	16,86	16,86	0,00	0,12	1,33	1,87	3,50	0,01	0,00	0,01	1,89	1,90	2,31
350LU0246	24,34	24,34	0,00	0,11	1,29	1,79	3,70	0,02	0,00	0,02	1,89	1,91	2,21
350OU0246	16,86	16,86	0,00	0,13	1,44	2,17	3,70	0,01	0,00	0,01	1,89	1,91	2,75
350LU0247	31,58	31,58	0,00	0,13	1,45	1,75	3,50	0,03	0,00	0,02	2,03	2,05	2,15
350OU0247	16,86	16,86	0,00	0,15	1,68	1,68	3,53	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,05
350LU0248	16,86	16,86	0,00	0,13	1,44	2,22	3,70	0,02	0,00	0,01	2,03	2,05	2,82
350OU0248	16,86	16,86	0,00	0,13	1,47	2,20	3,60	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,79
350LU0249	24,34	24,34	0,00	0,14	1,56	2,27	3,61	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,89
350OU0249	8,97	8,97	0,00	0,13	1,50	2,23	3,67	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,84
350LU0250	24,34	24,34	0,00	0,14	1,61	2,26	3,92	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,88
350OU0250	16,86	16,86	0,00	0,13	1,47	2,14	3,83	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,70
350LU0251	24,34	24,34	0,00	0,13	1,51	2,30	3,92	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,95
350OU0251	16,86	16,86	0,00	0,13	1,48	2,24	3,84	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,86
350LU0252	16,86	16,86	0,00	0,15	1,71	2,35	3,74	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	3,01
350OU0252	16,86	16,86	0,00	0,14	1,55	2,21	3,68	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,81
350LU0253	24,34	24,34	0,00	0,12	1,40	2,21	3,63	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,80
350OU0253	8,97	8,97	0,00	0,13	1,46	2,19	3,69	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,77
350LU0254	24,34	24,34	0,00	0,13	1,49	2,24	3,65	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,85
350OU0254	16,86	16,86	0,00	0,13	1,52	2,27	3,61	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,90
350LU0255	24,34	24,34	0,00	0,13	1,47	2,37	3,53	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	3,05
350OU0255	16,86	16,86	0,00	0,13	1,51	2,23	3,50	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,84
350LU0256	24,34	24,34	0,00	0,13	1,48	2,13	3,62	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,69
350OU0256	16,86	16,86	0,00	0,14	1,58	2,29	3,59	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,93
350LU0257	16,86	16,86	0,00	0,13	1,48	2,24	3,52	0,02	0,00	0,01	2,03	2,05	2,85
350OU0257	16,86	16,86	0,00	0,13	1,50	2,25	3,54	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,87
350LU0258	16,86	16,86	0,00	0,13	1,48	2,23	3,65	0,02	0,00	0,01	2,03	2,05	2,83
350OU0258	24,34	24,34	0,00	0,14	1,60	2,33	3,58	0,02	0,00	0,02	2,03	2,05	2,98
350LU0259	8,97	8,97	0,00	0,13	1,44	2,08	3,59	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,62
350OU0259	8,97	8,97	0,00	0,14	1,54	2,31	3,66	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,96
350LU0260	16,86	16,86	0,00	0,13	1,52	2,29	3,64	0,02	0,00	0,01	2,03	2,05	2,92
350OU0260	16,86	16,86	0,00	0,14	1,60	2,32	3,57	0,01	0,00	0,01	2,03	2,04	2,97
350LU0265	21,96	21,96	0,00	0,09	1,00	1,95	3,97	0,02	0,00	0,02	1,15	1,17	2,43
350OU0265	21,96	21,96	0,00	0,07	0,82	1,71	3,95	0,02	0,00	0,02	1,15	1,17	2,10
350LU0266	28,32	28,32	0,00	0,08	0,91	2,11	3,85	0,03	0,00	0,03	1,15	1,18	2,66
350OU0266	28,32	28,32	0,00	0,10	1,15	2,29	3,85	0,03	0,00	0,03	1,15	1,18	2,93
350LU0267	15,38	15,38	0,00	0,07	0,83	1,65	3,76	0,01	0,00	0,01	1,15	1,16	2,01
350OU0267	21,96	21,96	0,00	0,07	0,81	1,54	3,90	0,02	0,00	0,02	1,15	1,17	1,86
350LU0268	8,40	8,40	0,00	0,07	0,84	1,61	3,75	0,01	0,00	0,00	1,15	1,16	1,95
350OU0268	12,88	12,88	0,00	0,07	0,79	1,65	3,72	0,01	0,00	0,01	1,15	1,16	2,02
350LU0269	15,38	15,38	0,00	0,11	1,24	2,03	3,97	0,01	0,00	0,01	1,35	1,36	2,54
350OU0269	16,44	16,44	0,00	0,09	0,98	1,86	3,86	0,01	0,00	0,01	1,35	1,36	2,31
350LU0270	8,40	8,40	0,00	0,11	1,20	2,01	4,30	0,01	0,00	0,00	1,35	1,36	2,52
350OU0270	20,98	20,98	0,00	0,10	1,12	1,89	4,08	0,02	0,00	0,02	1,35	1,37	2,35

SEGMENTO	MODELO HDM 4											
	FM	DRI _i	dNPT	ICW	IPT	dNPT _h	dNPT _s	dNPT _d	ADIS _h	ADIS _d	DRI _e	DRI
350OU0244	0,41	0,00	0,17	3,52	43,88	0,17	0,00	0,00	3,00	0,00	0,04	0,48
350LU0245	0,41	0,00	0,29	3,42	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,50
350OU0245	0,41	0,00	0,00	3,59	43,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,47
350LU0246	0,41	0,00	0,29	2,81	43,88	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,49
350OU0246	0,41	0,00	0,17	2,79	43,88	0,17	0,00	0,00	3,00	0,00	0,04	0,48
350LU0247	0,36	0,00	0,00	3,64	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,53
350OU0247	0,36	0,00	0,00	3,46	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,52
350LU0248	0,36	0,00	0,29	2,79	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,50
350OU0248	0,36	0,00	0,00	3,16	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,50
350LU0249	0,36	0,00	0,29	3,10	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,53
350OU0249	0,36	0,00	0,00	2,89	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,49
350LU0250	0,36	0,00	0,00	2,32	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,53
350OU0250	0,36	0,00	0,17	2,47	42,76	0,17	0,00	0,00	3,00	0,00	0,04	0,51
350LU0251	0,36	0,00	0,29	2,30	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,52
350OU0251	0,36	0,00	0,00	2,45	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,50
350LU0252	0,36	0,00	0,00	2,68	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,52
350OU0252	0,36	0,00	0,00	2,86	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,51
350LU0253	0,36	0,00	0,00	3,04	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,51
350OU0253	0,36	0,00	0,00	2,83	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,49
350LU0254	0,36	0,00	0,29	2,94	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,52
350OU0254	0,36	0,00	0,00	3,11	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,51
350LU0255	0,36	0,00	0,29	3,47	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,52
350OU0255	0,36	0,00	0,00	3,64	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,50
350LU0256	0,36	0,00	0,00	3,05	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,52
350OU0256	0,36	0,00	0,12	3,18	42,76	0,12	0,00	0,00	2,00	0,00	0,03	0,50
350LU0257	0,36	0,00	0,29	3,53	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,50
350OU0257	0,36	0,00	0,12	3,40	42,76	0,12	0,00	0,00	2,00	0,00	0,03	0,50
350LU0258	0,36	0,00	0,29	2,97	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,51
350OU0258	0,36	0,00	0,12	3,20	42,76	0,12	0,00	0,00	2,00	0,00	0,03	0,53
350LU0259	0,36	0,00	0,29	3,20	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,48
350OU0259	0,36	0,00	0,00	2,91	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,49
350LU0260	0,36	0,00	0,29	3,00	42,76	0,29	0,00	0,00	5,00	0,00	0,03	0,50
350OU0260	0,36	0,00	0,00	3,27	42,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,51
350LU0265	0,62	0,00	0,58	4,03	41,02	0,58	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,31
350OU0265	0,62	0,00	0,35	4,03	41,02	0,35	0,00	0,00	3,00	0,00	0,04	0,30
350LU0266	0,62	0,00	0,58	4,03	41,02	0,58	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,31
350OU0266	0,62	0,00	0,58	4,03	41,02	0,58	0,00	0,00	5,00	0,00	0,04	0,34
350LU0267	0,62	0,00	0,00	4,03	41,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,30
350OU0267	0,62	0,00	0,00	4,03	41,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,30
350LU0268	0,62	0,00	0,00	4,03	41,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,29
350OU0268	0,62	0,00	0,00	4,03	41,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,28
350LU0269	0,56	0,00	0,00	3,71	39,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,36
350OU0269	0,56	0,00	0,02	3,71	39,23	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00	0,05	0,34
350LU0270	0,56	0,00	0,00	3,71	39,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,34
350OU0270	0,56	0,00	0,30	3,71	39,23	0,30	0,00	0,00	2,56	0,00	0,05	0,36

SEGMENTO	HDM 4		ENTRADA		MODELO PRO 159/85							
	RI _b	RI _{av}	t	P	SNC	A'	NA'	A*	NA*	QIe	DQI1	QIA'
350OU0244	22,2	1,47	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	16,0	-12,2	18,5
350LU0245	22,3	1,46	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	15,8	-12,5	18,2
350OU0245	21,1	1,39	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	15,1	-13,0	17,5
350LU0246	24,6	1,65	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	18,3	-11,3	20,9
350OU0246	23,8	1,59	1,0%	82	4,81	13	2,E+06	8	1,E+06	17,5	-12,2	20,1
350LU0247	21,6	1,40	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,7	-13,3	17,2
350OU0247	22,0	1,44	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	15,3	-12,9	17,7
350LU0248	21,1	1,37	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,6	-14,9	17,2
350OU0248	21,9	1,44	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	15,4	-13,2	17,9
350LU0249	22,4	1,46	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	15,6	-13,2	18,1
350OU0249	22,8	1,51	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,5	-12,8	19,0
350LU0250	24,2	1,59	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	17,3	-14,3	20,0
350OU0250	23,7	1,57	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	17,2	-13,5	19,8
350LU0251	23,3	1,53	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,5	-15,2	19,2
350OU0251	21,3	1,39	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,8	-16,0	17,4
350LU0252	23,4	1,54	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,6	-13,2	19,2
350OU0252	22,8	1,50	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,2	-13,1	18,7
350LU0253	21,8	1,42	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	15,2	-13,7	17,7
350OU0253	23,9	1,59	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	17,6	-11,8	20,1
350LU0254	21,6	1,41	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,9	-14,2	17,4
350OU0254	24,9	1,66	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	18,2	-10,5	20,7
350LU0255	21,6	1,40	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,9	-13,3	17,3
350OU0255	21,2	1,38	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,6	-13,4	17,1
350LU0256	21,5	1,40	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,8	-14,1	17,3
350OU0256	19,1	1,22	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	12,6	-16,0	15,1
350LU0257	22,7	1,49	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,1	-12,0	18,6
350OU0257	19,6	1,26	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	13,1	-15,2	15,6
350LU0258	23,9	1,59	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	17,4	-11,7	19,9
350OU0258	20,8	1,34	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,0	-14,6	16,5
350LU0259	23,0	1,53	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,7	-11,9	19,2
350OU0259	22,4	1,48	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	16,1	-13,1	18,6
350LU0260	20,9	1,36	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	14,4	-14,6	16,9
350OU0260	20,6	1,33	1,0%	82	4,81	13	3,E+06	8	2,E+06	13,9	-14,5	16,4
350LU0265	19,3	1,33	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	15,3	-19,3	18,3
350OU0265	20,1	1,40	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	16,2	-18,1	19,2
350LU0266	19,7	1,36	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	15,7	-17,2	18,5
350OU0266	23,9	1,66	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	19,4	-13,4	22,3
350LU0267	23,4	1,66	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	19,6	-12,1	22,4
350OU0267	20,1	1,40	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	16,3	-17,3	19,2
350LU0268	24,5	1,74	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	20,8	-10,8	23,6
350OU0268	22,0	1,55	1,0%	82	5,04	13	1,E+06	8	8,E+05	18,3	-12,9	21,1
350LU0269	26,6	1,86	1,0%	82	5,04	13	2,E+06	8	9,E+05	21,9	-12,0	24,8
350OU0269	24,6	1,72	1,0%	82	5,04	13	2,E+06	8	9,E+05	20,2	-12,2	23,0
350LU0270	25,7	1,81	1,0%	82	5,04	13	2,E+06	8	9,E+05	21,3	-17,7	24,6
350OU0270	25,5	1,78	1,0%	82	5,04	13	2,E+06	8	9,E+05	20,9	-14,6	23,9

SEGMENTO	MODELO MECANÍSTICO				MODELO HDM III				
	IRI ₀	T	IRI	QI	AGE3	SNPK ₀	YE4	RDS ₀	RDS ₀
350OU0244	1,23	90	1,82	23,6	8	5,52	0,96	2,0	0,9
350LU0245	1,21	90	1,79	23,3	8	5,52	0,96	2,2	0,7
350OU0245	1,16	90	1,72	22,3	8	5,52	0,96	2,2	0,6
350LU0246	1,41	90	2,04	26,5	8	5,52	0,96	2,4	0,5
350OU0246	1,35	90	1,96	25,5	8	5,52	0,96	2,0	0,9
350LU0247	1,13	90	1,68	21,9	8	5,52	1,03	3,6	0,3
350OU0247	1,18	90	1,74	22,6	8	5,52	1,03	9,5	0,1
350LU0248	1,13	90	1,67	21,7	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0248	1,19	90	1,76	22,8	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0249	1,20	90	1,77	23,0	8	5,52	1,03	2,2	0,9
350OU0249	1,27	90	1,86	24,2	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0250	1,33	90	1,94	25,2	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0250	1,32	90	1,93	25,1	8	5,52	1,03	2,2	0,8
350LU0251	1,27	90	1,87	24,3	8	5,52	1,03	2,1	1,0
350OU0251	1,14	90	1,69	22,0	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0252	1,28	90	1,87	24,4	8	5,52	1,03	2,1	1,0
350OU0252	1,24	90	1,83	23,8	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0253	1,17	90	1,73	22,5	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0253	1,35	90	1,97	25,6	8	5,52	1,03	2,1	0,8
350LU0254	1,15	90	1,70	22,1	8	5,52	1,03	2,2	0,9
350OU0254	1,40	90	2,03	26,4	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0255	1,14	90	1,70	22,1	8	5,52	1,03	2,2	1,0
350OU0255	1,13	90	1,67	21,7	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0256	1,14	90	1,69	22,0	8	5,52	1,03	2,2	0,8
350OU0256	0,97	90	1,45	18,8	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0257	1,24	90	1,83	23,7	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0257	1,01	90	1,51	19,6	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350LU0258	1,34	90	1,95	25,3	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0258	1,08	90	1,61	20,9	8	5,52	1,03	2,1	1,0
350LU0259	1,28	90	1,88	24,5	8	5,52	1,03	2,2	0,7
350OU0259	1,24	90	1,82	23,7	8	5,52	1,03	2,1	1,0
350LU0260	1,11	90	1,65	21,4	8	5,52	1,03	2,1	0,9
350OU0260	1,07	90	1,60	20,8	8	5,52	1,03	2,1	1,0
350LU0265	1,17	110	1,74	22,6	8	5,57	0,51	1,7	1,1
350OU0265	1,25	110	1,84	23,9	8	5,57	0,51	1,6	1,0
350LU0266	1,21	110	1,78	23,2	8	5,57	0,51	1,8	1,3
350OU0266	1,49	110	2,15	27,9	8	5,57	0,51	1,9	1,4
350LU0267	1,51	110	2,16	28,1	8	5,57	0,51	1,6	0,9
350OU0267	1,25	110	1,84	23,9	8	5,57	0,51	1,6	0,8
350LU0268	1,60	110	2,27	29,5	8	5,57	0,51	1,6	0,9
350OU0268	1,41	110	2,04	26,5	8	5,57	0,51	1,6	0,9
350LU0269	1,68	110	2,37	30,7	8	5,57	0,60	1,8	1,1
350OU0269	1,56	110	2,22	28,8	8	5,57	0,60	1,7	1,0
350LU0270	1,64	110	2,31	30,1	8	5,57	0,60	1,8	1,1
350OU0270	1,60	110	2,28	29,6	8	5,57	0,60	1,8	1,0

SEGMENTO	MODELO HDM III										
	ΔCRX_d	CRA_d	CRW_d	$\Delta APOT_d$	QI_s	SNP_s	$dSNPK$	CRX_s	HSNEW	ECR	HSOLD
350OU0244	7,3	17,7	9,3	0	16,0	5,52	0	7,37	0	7,37	0
350LU0245	9,6	30,8	12,5	0	15,8	5,52	0	14,35	0	14,35	0
350OU0245	5,7	17,7	2,4	0	15,1	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0246	8,7	24,4	12,5	0	18,3	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0246	7,3	17,7	9,3	0	17,5	5,52	0	7,37	0	7,37	0
350LU0247	7,7	30,8	2,4	0	14,7	5,52	0	12,40	0	12,40	0
350OU0247	5,7	17,7	2,4	0	15,3	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0248	7,7	17,7	12,5	0	14,6	5,52	0	8,15	0	8,15	0
350OU0248	5,7	17,7	2,4	0	15,4	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0249	8,7	24,4	12,5	0	15,6	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0249	4,4	10,6	2,4	0	16,5	5,52	0	3,10	0	3,10	0
350LU0250	6,8	24,4	2,4	0	17,3	5,52	0	9,30	0	9,30	0
350OU0250	7,3	17,7	9,3	0	17,2	5,52	0	7,37	0	7,37	0
350LU0251	8,7	24,4	12,5	0	16,5	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0251	5,7	17,7	2,4	0	14,8	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0252	5,7	17,7	2,4	0	16,6	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350OU0252	5,7	17,7	2,4	0	16,2	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0253	6,8	24,4	2,4	0	15,2	5,52	0	9,30	0	9,30	0
350OU0253	4,4	10,6	2,4	0	17,6	5,52	0	3,10	0	3,10	0
350LU0254	8,7	24,4	12,5	0	14,9	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0254	5,7	17,7	2,4	0	18,2	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0255	8,7	24,4	12,5	0	14,9	5,52	0	11,25	0	11,25	0
350OU0255	5,7	17,7	2,4	0	14,6	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0256	6,8	24,4	2,4	0	14,8	5,52	0	9,30	0	9,30	0
350OU0256	7,0	17,7	7,6	0	12,6	5,52	0	6,98	0	6,98	0
350LU0257	7,7	17,7	12,5	0	16,1	5,52	0	8,15	0	8,15	0
350OU0257	7,0	17,7	7,6	0	13,1	5,52	0	6,98	0	6,98	0
350LU0258	7,7	17,7	12,5	0	17,4	5,52	0	8,15	0	8,15	0
350OU0258	8,0	24,4	7,6	0	14,0	5,52	0	10,08	0	10,08	0
350LU0259	6,4	10,6	12,5	0	16,7	5,52	0	5,05	0	5,05	0
350OU0259	4,4	10,6	2,4	0	16,1	5,52	0	3,10	0	3,10	0
350LU0260	7,7	17,7	12,5	0	14,4	5,52	0	8,15	0	8,15	0
350OU0260	5,7	17,7	2,4	0	13,9	5,52	0	6,20	0	6,20	0
350LU0265	8,7	24,4	12,5	0	15,3	5,57	0	11,25	0	11,25	0
350OU0265	8,3	24,4	9,3	0	16,2	5,57	0	10,47	0	10,47	0
350LU0266	9,6	30,8	12,5	0	15,7	5,57	0	14,35	0	14,35	0
350OU0266	9,6	30,8	12,5	0	19,4	5,57	0	14,35	0	14,35	0
350LU0267	5,7	17,7	2,4	0	19,6	5,57	0	6,20	0	6,20	0
350OU0267	6,8	24,4	2,4	0	16,3	5,57	0	9,30	0	9,30	0
350LU0268	4,4	10,6	2,4	0	20,8	5,57	0	3,10	0	3,10	0
350OU0268	5,3	15,2	2,4	0	18,3	5,57	0	5,06	0	5,06	0
350LU0269	5,7	17,7	2,4	0	21,9	5,57	0	6,20	0	6,20	0
350OU0269	6,3	18,8	3,6	0	20,2	5,57	0	6,76	0	6,76	0
350LU0270	4,4	10,6	2,4	0	21,3	5,57	0	3,10	0	3,10	0
350OU0270	8,0	23,4	8,6	0	20,9	5,57	0	9,83	0	9,83	0

SEGMENTO	MODELO HDM III				
	CRX _a	PCR _X	PAC _X	ΔQI	QI _b
350OU0244	7,37	0	0	4,4	20,4
350LU0245	14,35	0	0	5,2	21,0
350OU0245	6,20	0	0	4,8	19,8
350LU0246	11,25	0	0	5,9	24,2
350OU0246	7,37	0	0	4,6	22,1
350LU0247	12,40	0	0	7,5	22,3
350OU0247	6,20	0	0	16,4	31,7
350LU0248	8,15	0	0	4,5	19,1
350OU0248	6,20	0	0	4,4	19,8
350LU0249	11,25	0	0	4,6	20,2
350OU0249	3,10	0	0	4,3	20,8
350LU0250	9,30	0	0	4,6	21,9
350OU0250	7,37	0	0	4,9	22,0
350LU0251	11,25	0	0	4,7	21,2
350OU0251	6,20	0	0	4,3	19,0
350LU0252	6,20	0	0	4,3	21,0
350OU0252	6,20	0	0	4,5	20,6
350LU0253	9,30	0	0	4,5	19,7
350OU0253	3,10	0	0	4,5	22,1
350LU0254	11,25	0	0	4,6	19,5
350OU0254	6,20	0	0	4,6	22,9
350LU0255	11,25	0	0	4,4	19,3
350OU0255	6,20	0	0	4,3	18,9
350LU0256	9,30	0	0	4,6	19,4
350OU0256	6,98	0	0	4,0	16,6
350LU0257	8,15	0	0	4,6	20,7
350OU0257	6,98	0	0	4,2	17,3
350LU0258	8,15	0	0	4,8	22,2
350OU0258	10,08	0	0	4,3	18,3
350LU0259	5,05	0	0	4,8	21,5
350OU0259	3,10	0	0	4,2	20,2
350LU0260	8,15	0	0	4,3	18,7
350OU0260	6,20	0	0	4,1	18,0
350LU0265	11,25	0	0	3,6	18,8
350OU0265	10,47	0	0	3,8	20,0
350LU0266	14,35	0	0	3,6	19,3
350OU0266	14,35	0	0	4,0	23,5
350LU0267	6,20	0	0	4,0	23,6
350OU0267	9,30	0	0	3,8	20,0
350LU0268	3,10	0	0	4,0	24,8
350OU0268	5,06	0	0	3,7	22,1
350LU0269	6,20	0	0	4,3	26,1
350OU0269	6,76	0	0	4,2	24,4
350LU0270	3,10	0	0	4,1	25,3
350OU0270	9,83	0	0	4,4	25,3