

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

KARINE DA ROCHA ALVES

**A GESTÃO DE PAVIMENTOS APLICADA À
MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA**

Porto Alegre
2016

KARINE DA ROCHA ALVES

A GESTÃO DE PAVIMENTOS APLICADA À MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador:

Prof^ª. Dra. Christine Tessele Nodari

Co-orientador:

Prof. Dr. Daniel Sergio Presta García

Porto Alegre
2016

CIP - Catalogação na Publicação

Alves, Karine da Rocha
A GESTÃO DE PAVIMENTOS APLICADA À MANUTENÇÃO
RODOVIÁRIA / Karine da Rocha Alves. -- 2016.
140 f.

Orientadora: Christine Tessele Nodari.
Coorientador: Daniel Sergio Presta García.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre,
BR-RS, 2016.

1. Manutenção Rodoviária. 2. Sistemas de Gerência
de Pavimentos. 3. HDM-4. 4. Investimentos em
Infraestrutura de Transportes. 5. Análise Técnica-
Econômica. I. Nodari, Christine Tessele, orient. II.
García, Daniel Sergio Presta, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KARINE DA ROCHA ALVES

A GESTÃO DE PAVIMENTOS APLICADA À MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador, Co-orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Christine Tessele Nodari, Dra.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Daniel Sergio Presta García, Dr.

Co-orientador PPGEP/UFRGS

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Alejandro Ruiz Padillo, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor João Rodrigo Guerreiro Mattos, Dr. (CETEC/UNIVATES)

Professora Raquel da Fonseca Holz, Dra. (CIM/UFPEL)

Aos meus pais, Francisco (*in memoriam*) e Leda Maria, que sempre prezaram pela minha educação, ao meu esposo Luciano e meu filho Henrique pela paciência, e aos meus professores que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a dádiva da vida e estar sempre presente em minha jornada neste mundo.

Aos meus pais, por terem se esforçado a criar a mim e minhas irmãs, entre tantas dificuldades, e nunca desistiram de nós.

As minhas tias Rita e Beatriz, pelo incentivo e dedicação a toda a minha família até os dias de hoje.

Ao meu esposo Luciano, sendo o meu companheiro, atencioso, apoiador e opinando nas ideias desenvolvidas na dissertação.

Aos colegas e diretoria do DNIT por terem compreendido a importância desse trabalho e autorizando meu afastamento das atividades profissionais para me dedicar a conclusão desta dissertação.

Ao professor e Coordenador da PPGE/UFGRS, José Luis Duarte Ribeiro, pela atenção dada o que permitiu a minha permanência ao curso de Mestrado.

Aos meus orientadores, professores Christine Tessele Nodari e Daniel Sergio Presta García, por acreditarem em meu potencial e me aceitando como orientanda.

Aos professores do PPGE/LASTRAN/UFGRS, pelos ensinamentos transmitidos fundamentais para a minha formação acadêmica e crescimento profissional.

Aos professores Alejandro Ruiz Padillo do PPGE/UFGRS, João Rodrigo Guerreiro Mattos da UNIVATES e Raquel da Fonseca Holz da UFPEL, integrantes da banca examinadora desta dissertação de mestrado, pelas contribuições com idéias e sugestões.

Aos funcionários da PPGE/UFGRS, Verônica Oliveira e Sylvio Rogério Escovar Bello, por toda a atenção e orientações prestadas durante todo o curso de Mestrado.

O futuro é construído pelas nossas decisões diárias, inconstantes e mutáveis, e cada evento influencia todos os outros.

Alvin Toffler

RESUMO

O patrimônio de infraestrutura rodoviária brasileira através dos tempos está sobrevivendo com investimentos com grandeza de valor bem abaixo do que muitos outros países estão alocando. A questão de quanto investir em infraestrutura de transportes depende de múltiplas variáveis como a situação política e econômica do país, a característica da frota, sua dimensão territorial, sua matriz, os tipos de pavimentos utilizados e as condições climáticas. Portanto, estimar um valor a ser empregado em manutenção rodoviária de forma recomendável, deve ser resultado dos estudos que envolvam essas variáveis, como elas interagem entre si e como esse investimento retorna para a sociedade. Diante de tantas áreas precárias, administrar recursos para a infraestrutura de transportes é um desafio a ser ainda vencido no Brasil. É engajada nesse desafio, que essa dissertação é composta por três artigos que abordam os principais assuntos: (i) avaliação da gestão da manutenção rodoviária no Brasil, quanto a sua abrangência, investimentos e as experiências internacionais; (ii) os conceitos e etapas de um SGP (Sistema de Gerência de Pavimentos) e a sua importância no planejamento das intervenções de manutenção; (iii) aplicação prática com o software *Highway Development and Management* (HDM-4), avaliando os resultados econômicos com as variáveis *International Roughness Index* (IRI) e Volume Médio Diário (VDM) do tráfego iniciais de segmentos de uma rodovia federal, utilizando como alternativas de projeto programas usuais adotados pelos gestores da rodovia. A terceirização dos serviços de manutenção pelos departamentos rodoviários exige que tenham que planejar e administrar contratos de manutenção por pouco ou longo período. A aplicação prática do HDM-4 demonstra que, o planejamento, um componente de um SGP, deve ser considerado permanentemente pelos administradores públicos ou privados. A questão de quanto investir em manutenção nesse contexto depende de como se investiu em momento antecedente, tanto com os serviços de infraestrutura como nas etapas de inventário da malha, planejamento e elaboração de projetos. O sistema HDM-4 necessita de dados de entrada, tais como: características geométricas, mecânicas, dados históricos e de tráfego dos segmentos rodoviários; que devem ser preservados pelos gestores do sistema, de maneira que permita prever o desempenho do pavimento, os custos e benefícios para um período planejado. Durante a análise dos resultados de Valor Presente Líquido (VPL) com os IRI e VDM iniciais, verificou-se que as maiores diferenças se encontravam nos segmentos com mesmo intervalo de IRI inicial mas com tráfego superior. As características da frota, seus custos operacionais bem como seus coeficientes de calibração devem ser considerados nas análises com o *software* HDM-4, visando uma boa gestão na manutenção rodoviária. Tendo em vista o fato do tráfego influenciar nos resultados e podendo alterar o planejamento da manutenção, se percebe como é importante o controle do gestor da rodovia nas cargas efetivas que estão sendo transportadas.

Palavras chave: Manutenção rodoviária. Sistema de Gerência de Pavimentos. HDM-4. Investimentos em infraestrutura.

ABSTRACT

The patrimony of Brazilian highway infrastructure through the ages is surviving with investments of magnitude value well below of what many other countries are allocating. The question of how much to invest in transport infrastructure depends on multiple variables such as the political and economic situation of the country, the characteristic of the fleet, its territorial dimension, its matrix, the types of used pavements and weather conditions. Therefore, to estimate a value to be used in road maintenance of a recommended way should be the result of the studies involving these variables, how they interact and how this investment returns to society. In face of so many precarious areas, managing resources for transport infrastructure is a challenge yet to be overcome in Brazil. It is engaged in this challenge, that this thesis consists of three articles that discuss the main issues: (i) assess the management of road maintenance in Brazil, as its scope, investment and international experiences; (ii) the concepts and steps of a Pavement Management System (PMS) and its importance in the planning of maintenance operations; (iii) practical application with the software Highway Development and Management (HDM-4), evaluating the economic results with the variables International Roughness Index (IRI) and Annual Average Daily Traffic (AADT) of the initial traffic segments of a federal motorway, using as alternative project usual programs adopted by the highway managers. The outsourcing of the maintenance services by road departments requires that they have to plan and manage maintenance contracts for little or long period. The practical application of the HDM-4 shows that the planning, a component of the PMS should be considered permanently by public or private administrators. The question of how much to invest in maintenance in this context depends on how you invested in previous time, both with infrastructure services as with the inventory stages of the motorway network, planning and preparation of projects. The HDM-4 system requires input data, such as geometric and mechanical characteristics, historical data and traffic of road segments that should be preserved by system managers, in order to foresee the pavement performance, costs and benefits to a planned period. During the analysis of the results of Net Present Value (NPV) with the initial IRI and AADT, it was found that the greatest differences were in the same initial IRI segments range but with higher traffic. The fleet characteristics, their operating costs and their calibration coefficients should be considered in the analysis with the HDM-4 software, aiming at a good management in road maintenance. In view of the fact that traffic influences the results and can change the maintenance planning, one can perceive that the road manager control on actual loads being transported is important.

Keywords: Road maintenance. Pavement Management System. HDM-4. Investments in infrastructure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO 1

Figura 1 – Evolução da malha federal ao longo do tempo.....	25
Figura 2 – Evolução das condições da malha federal.....	26
Figura 3 – Fluxograma dos componentes de SGP.....	29
Figura 4 – Etapas do desenvolvimento de um SGP simplificado.....	30
Quadro 1 – Código de identificação dos trechos.....	31
Quadro 2 – Código de identificação do segmento homogêneo.....	32
Quadro 3 – Níveis de Serventia.....	34
Figura 5 – Deterioração dos pavimentos e os custos com as intervenções.....	37
Figura 6 – Inter-relação entre índice de serventia, a vida útil do pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção.....	38
Figura 7 – Análise da postergação das intervenções nos pavimentos.....	38

ARTIGO 2

Figura 1 – Mapa das redes federais de transportes no Brasil.....	45
Figura 2 – Valores repassados da CIDE aos Estados e Distrito Federal (2004-2013)..	50
Figura 3 – Participação no PIB dos investimentos em transportes e rodovias (público e privado).....	51
Figura 4 – Investimentos em rodovias no Brasil (2002-2010).....	53
Quadro 1 – Indicadores de desempenho em contratos de manutenção utilizada no Brasil em outros países.....	60

ARTIGO 3

Figura 1 – A estrutura do HDM-4.....	77
Quadro 1 – Alternativas de projetos.....	83
Quadro 2 – Características dos Segmentos	85
Quadro 3 – Composição do Tráfego.....	86
Figura 2 – Mapa de localização do trecho e postos de coletas de dados de tráfego.....	87
Quadro 4 – Custos dos Serviços de Manutenção CREMA.....	88
Quadro 5 – Soluções e Custos do Programa CREMA 1ª Etapa.....	88
Quadro 6 – Soluções e Custos do Programa CREMA 2ª Etapa.....	89
Figura 3 – Valores de VPL por alternativas de projetos e intervalos de IRI e VDM em 10 anos.....	91
Figura 4 – Valores de VPL por alternativas de projetos e intervalos de IRI e VDM em 20 anos.....	92

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Malha rodoviária PNV 2015 – jurisdição federal.....	24
--	----

ARTIGO 2

Tabela 1 – Rodovias pavimentadas e extensões em relação à área territorial.....	48
---	----

ARTIGO 3

Tabela 1 – Resultados econômicos.....	90
Tabela 2 – Resultados de valores médios de IRI.....	93

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C	Graus Celsius
a.C.	Antes de Cristo
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
APL	Analisador do Perfil Longitudinal
ARAN	<i>Automatic Road Analyzer</i>
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
BOT	<i>Build-Operate-Transfer</i>
BPR	<i>Bureau of Public Roads</i>
c/	Com
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CDBs	Certificados de Depósitos Bancários
CHLOE	<i>Lathers and Other Engineers</i>
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
cm	Centímetro
cont.	Contagens
CPA	Camada Porosa de Atrito
CPA4	Camada Porosa de Atrito de 4 cm
CREMA	Contratos de Restauração e Manutenção
DBFO	<i>Design-Build-Finance-Operate</i>
DBFO	Programa Integrado de Revitalização
DC	<i>District of Columbia</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
econ.	Econômico
Entr.	Entroncamento
ESALF	<i>Equivalent Standard Axle Load Factor</i>
esp.	Espessura
EUA	Estados Unidos da América
F5	Fresagem com recomposição de 5 cm de CBUQ
F5(100%)	Fresagem contínua com recomposição de 5 cm de CBUQ
Finan.	Financeiro

FRN	Fundo Rodoviário Nacional
FWD	<i>Falling Weight Deflections</i>
GMR	<i>General Motors Research,</i>
h	Hora
H3	Recape de esp. de 3 cm de CBUQ c/ polímero
H8	Recape de esp. de 8 cm de CBUQ c/ polímero
HCM	<i>Highway Cost Model</i>
HDM	<i>Highway Design and Maintenance Standards Model</i>
HDM-4	<i>Highway Development and Management</i>
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
incorp.	Incorporação
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IRI	<i>International Roughness Index</i> (Índice de Irregularidade Longitudinal)
ISA	Índice de Serventia Atual
IUCLLG	Imposto Único sobre Combustíveis e Lubrificantes Líquidos e Gasosos
km	Quilometro
LPCP	<i>Laboratoire Central des Ponts et Chaussées</i>
m	Metro
M&R	Manutenção e Reabilitação
MEPDG	<i>Mechanist-Empirical Pavement Design Guide</i>
MERLIN	<i>Machine for Evaluating Roughnees using Low-Cost Instrumentation</i>
Micro(1,5)	Micro Revestimento a frio de 1,5 cm
mm	Milímetro
MMPP	<i>Mathematical Modelo of Pavement Performance</i>
MT	Ministério dos Transportes
MTI	<i>Massachusetts Institute of Thechnology</i>
NL	Nível Limite
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PATO	Plano Anual de Trabalho e Orçamento
PIB	Produto Interno Bruto
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transportes
PNV	Plano Nacional de Viação

PPPs	Parcerias Públicas-Privadas
PSR	<i>Present Serviciability Ratio</i>
PURD	<i>Portable Universal Roughness Devide</i>
QI	Quociente de Irregularidade
RB	Reciclagem com incorp. de brita e material fresado
RBAM (FS)	Restabilização de Base com Adição de Material Fresado
RD	<i>Road Deterioration</i>
REP	Reperfilagem com CBUQ
RS	Rio Grande do Sul
RSP	<i>Road Surface Profiler</i>
RUE	<i>Road Users Effects</i>
SEE	<i>Social Effects and Environmental</i>
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SICRO2	Sistema de Custos Rodoviários
SMITR	Sistemas de Medidas de Irregularidade do Tipo Resposta
SNP	<i>Structural Number of Pavement</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
TJLP	Taxas de Juros de Longo Prazo
TRRL	<i>Transport and Road Research Laboratory</i>
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
USP	Universidade de São Paulo
VDM	Volume de Tráfego Diário
VPL	Valor Presente Líquido
VSA	Valor de Serventia Atual
WE	<i>Work Effects</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	ARTIGO 1: A APLICAÇÃO DE UM SGP NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA.....	19
1.	INTRODUÇÃO.....	20
2.	A MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA – UM BREVE HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL.....	22
3.	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	27
4.	OS SGPs E A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA.....	27
4.1.	Informações essenciais para a implantação de um SGP.....	31
4.2.	Modelos de desempenho de pavimentos.....	33
4.3.	SGPs no Brasil.....	35
5.	A GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA	36
6.	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
3.	ARTIGO 2: A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA NO CENÁRIO MUNDIAL.....	43
1.	INTRODUÇÃO.....	44
2.	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	47
3.	A POSIÇÃO DO BRASIL EM RELAÇÃO A SUA MALHA RODOVIÁRIA.....	47
4.	O FINANCIAMENTO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA NO BRASIL.....	48
5.	AS FORMAS DE EXECUÇÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA.....	54
6.	CONCLUSÃO.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
4.	ARTIGO 3: APLICAÇÃO DO HDM-4 NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA RODOVIA BRASILEIRA.....	67
1.	INTRODUÇÃO.....	68

2.	A ORIGEM E A EVOLUÇÃO DOS SGP s.....	70
2.1.	Irregularidade longitudinal	73
2.2.	Equipamentos de medição de irregularidade longitudinal	73
2.3.	O índice de irregularidade internacional (IRI)	74
2.4.	Modelos de desempenho	75
3.	O SOFTWARE HDM-4	76
3.1.	A estrutura do HDM-4	77
<i>3.1.1.</i>	<i>Descrição dos modelos inseridos no HDM-4</i>	<i>78</i>
<i>3.1.1.1.</i>	<i>Modelos de RD</i>	<i>78</i>
<i>3.1.1.2.</i>	<i>Modelos de WE</i>	<i>79</i>
<i>3.1.1.3.</i>	<i>Modelos de RUE</i>	<i>79</i>
<i>3.1.1.4.</i>	<i>Modelos de SEE</i>	<i>80</i>
<i>3.1.2.</i>	<i>As ferramentas de análise</i>	<i>80</i>
<i>3.1.3.</i>	<i>A análise econômica</i>	<i>81</i>
4.	METODOLOGIA DE PESQUISA	81
5.	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	84
6.	RESULTADOS E ANÁLISES DO ESTUDO DE CASO	89
7.	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
5.	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICE A – DADOS DE CARACERÍSTICAS DOS SEGMENTOS	102
	APÊNDICE B – TRABALHOS DE MANUTENÇÃO	121
	APÊNDICE C – ANÁLISE DOS PROJETOS	125
	APÊNDICE D – RESULTADOS DE EVOLUÇÃO DE IRI POR PROJETO E DOS INDICADORES ECONÔMICOS	129

1. INTRODUÇÃO

A característica atual da matriz de transporte brasileira em que predomina o transporte rodoviário para cargas e veículos demonstra nossa dependência do sistema viário. O desenvolvimento econômico do país está atrelado à qualidade dessa infraestrutura rodoviária, tendo em vista que a maior parte de sua produção é distribuída através do transporte terrestre (CNT, 2013).

Mesmo que essa realidade seja revertida tornando a matriz de transportes brasileira mais equilibrada entre os modais de transporte, a gestão da conservação de estradas ainda será um tema relevante. Há pouco planejamento das atividades de conservação rodoviária e os recursos destinados para esta atividade na maioria da malha é de origem pública, os quais oscilam entre as arrecadações tributárias. Ainda tem-se o agravante do excesso de peso dos veículos de carga. Quando fiscalizados, percebe-se que podem atingir cerca de 50% acima dos limites de carga por eixo, reduzindo drasticamente a vida útil prevista dos pavimentos (ALBANO, 2005).

Inseridos nesse cenário desfavorável os pavimentos se deterioram em função do tempo, sofrendo influência das condições climáticas, efeitos do tráfego e das intervenções de manutenção que recebem ao longo de sua utilização. Essas variáveis devem ser geridas pelos responsáveis pela manutenção da via para que possam programar as devidas intervenções de maneira que ofereçam ao usuário um nível aceitável de conforto e segurança.

Um Sistema de Gestão de Pavimentos (SGP), segundo Gao e Zhang (2008), deve ajudar o gestor para selecionar o melhor programa de manutenção, os locais e quando aplicá-lo de modo que o uso dos recursos disponíveis possa ser maximizado. Através de uma abordagem racional e de melhor custo-benefício para as operações de manutenção, uma das funções essenciais da gerência de pavimentos é fornecer a estratégia de alocação de recursos financeiros ideais para as instituições responsáveis por rodovias.

O manual de Gerência de Pavimentos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) publicado em 2011, é uma atualização das normativas anteriores do departamento pertinentes e permite o uso ao *software Highway Development and Management* (HDM-4) para as análises econômicas necessárias (DNIT, 2011). O HDM-4 pode ser utilizado em SGPs como ferramenta pois é provido de modelos de previsão de deterioração e apurando os custos permite uma análise econômica. Nesta pesquisa o objetivo principal é avaliar o uso do HDM-4 como apoio de decisão na escolha de programas de manutenção rodoviária, através de um estudo de caso. Entretanto, há objetivos específicos que são relevantes e que também foram abordados nos artigos como:

- a) Registrar o surgimento e crescimento da preferência pelo modal rodoviário no Brasil;
- b) Situar as estradas brasileiras em relação a sua extensão territorial e desempenho comparados a outros países;
- c) Mostrar um panorama de como são alocados e distribuídos os recursos financeiros destinados à infraestrutura de transportes;
- d) Evidenciar a aplicação dos SGPs na administração pública;
- e) Verificar a influência do *International Roughness Index* (IRI) e do Volume Diário Médio (VDM) de tráfego nos resultados de Valor Presente Líquido (VPL) em projetos de manutenção.

O poder público no Brasil quando aloca seus recursos para a manutenção de rodovias não tem estabelecido uma estratégia para as intervenções de manutenção à longo prazo, o que resulta em perdas econômicas em função do período em que foi executada a manutenção. Apesar da existência de material bibliográfico a respeito dos SGPs, a aplicação na prática desses sistemas de gestão ainda não é difundida nas tomadas de decisão quanto a manutenção rodoviária no âmbito do DNIT.

A proposta de evidenciar a importância da adoção de um sistema estruturado de gestão da manutenção rodoviária é adequada pois o setor produtivo espera por investimentos em infraestrutura que acompanhe o crescimento econômico do país. O Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), implantado em 2007, disponibilizou investimentos estratégicos com o objetivo de modelar uma nova matriz de transportes e que atendessem a movimentação de cargas no Brasil (VIEIRA, 2011). Os custos operacionais dos veículos de transporte decorrentes da falta de conservação rodoviária serão agregados ao preço de venda dos produtos, contribuindo de maneira cíclica para aumento do chamado “Custo Brasil”.

A utilização de um SGP irá subsidiar as decisões dos gestores quanto à priorização de ações, auxiliando na seleção dos projetos com os melhores indicadores econômicos, na estimação de seus orçamentos anuais ou na priorização das intervenções mais eficientes frente às restrições orçamentárias vigentes. O desenvolvimento desse tema foi estruturado nessa dissertação através de capítulos, distribuídos em introdução, três artigos e conclusão, apresentados na seguinte ordenação:

- a) O capítulo 1 é constituído da introdução ao SGP na gestão da manutenção rodoviária;
- b) No capítulo 2 é apresentado o artigo titulado - “A APLICAÇÃO DE UM SGP NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA”;

- c) No capítulo 3 é apresentado o segundo artigo intitulado - “A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA BRASILEIRA NUM CENÁRIO MUNDIAL”;
- d) No capítulo 4 é apresentado o terceiro artigo designado - “APLICAÇÃO DO HDM-4 NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA RODOVIA BRASILEIRA”;
- e) No capítulo 5 é apresentada a conclusão geral que envolve as considerações mais relevantes de todos os artigos.

Ao final foram reunidas e apresentadas as referências utilizadas na introdução, e os apêndices com os dados de entrada e resultados extraídos do HDM-4 e utilizados no Artigo 3.

O escopo deste estudo não contempla o sobrepeso das cargas ou custos com acidentes devido à indisponibilidade de dados históricos apropriados ao software HDM-4. Apesar do estudo de caso ter como referência uma rodovia federal, acredita-se que seja possível aplicar a mesma análise em rodovias estaduais.

O DNIT ainda realiza levantamentos pelas regiões brasileiras para calibração do HDM-4, que devido o número de variáveis e interações é considerada complexa. Portanto nessa dissertação o sistema foi utilizado sem a sua devida calibração, com os coeficientes *default* disponibilizados, entretanto não se deve ignorá-la em práticas reais. Nunes (2012) afirma que há necessidade de pesquisas que definam melhor a eficiência dos parâmetros dentro dos modelos contidos no HDM. Os usuários do *software* devem ter consciência do nível de sensibilidade dos modelos para cada fator de entrada canalizando esforços e recursos para a obtenção e calibração precisa dos parâmetros mais importantes.

**2. ARTIGO 1: A APLICAÇÃO DE UM SGP NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO
RODOVIÁRIA**

A APLICAÇÃO DE UM SGP NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

Karine da Rocha Alves, Engenheira Civil

Christine Tessele Nodari, Dra.

Daniel Sergio Presta García, Dr.

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

O sistema de transportes de carga no Brasil depende principalmente do modal rodoviário e este não satisfaz adequadamente a demanda atual. As estradas federais ainda são aquelas que oferecem maiores extensões pavimentadas, entretanto levantamentos e avaliações dos usuários mostram que a manutenção que está sendo exercida não é considerada a ideal. Os órgãos rodoviários normalmente não dispõem de orçamentos suficientes para empregar na manutenção das rodovias. A postergação de serviços de manutenção ao longo da vida útil da rodovia pode gerar maiores custos quando de fato forem executados. Desde as primeiras formulações e definições dos SGPs durante os anos de 1960, no Brasil os departamentos estaduais e federal de rodovias iniciaram adota-los após vinte anos. Este artigo apresenta a aplicação de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) como uma alternativa que permita a administração do sistema viário: planejar e priorizar intervenções, definir seus orçamentos plurianuais e avaliar os efeitos destas intervenções no desempenho do pavimento.

Palavras chave: Manutenção Rodoviária. Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP). Planejamento. Rodovias.

Abstract

Load transport system in Brazil depends mainly on road transport and this does not adequately meet the current demand. Federal roads still are those that offer larger paved extensions, however surveys and user ratings show that the maintenance being carried out is not considered optimal. Road agencies usually do not have enough budgets to employ in the maintenance of roads. The postponement of maintenance services along the highway of life can generate greater fact when costs are executed. From the first formulations and definitions of PMSs during the 1960 in Brazil, state and federal departments of highways, started adopting them after twenty years. This article presents the application of a Pavement Management System (PMS) as an alternative that allows the management of the road system: plan and prioritize interventions, set your multi-year budgets and assess the effects of these interventions on the pavement performance.

Keywords: Road Maintenance. Pavement Management System (PMS). Planning. Highways.

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário passou a evidenciar a sua importância no processo de integração nacional a partir dos anos 40, em especial após o término da 2ª Guerra Mundial. Durante a década de 50, as rodovias passaram também a transportar mais toneladas x quilômetros de cargas domésticas do que a navegação de capotagem, e o modal rodoviário respondia por 38% do transporte de cargas (IPEA, 2011).

A atual matriz de transporte brasileiro retrata que o modal rodoviário predomina em absoluto. Conforme CNT (2013) no Brasil cerca de 65% da movimentação de carga ocorrem pelas rodovias. Entretanto em outros países, conforme PNL (2011), esse percentual é menor: nos EUA são 32%, na Austrália 53%, na China é 50%, no Canadá é 50% e na Rússia 8%. O Brasil

tem a quarta malha rodoviária mais extensa do mundo, entretanto em torno de 14% destas vias são pavimentadas. No âmbito federal são em torno de 65 mil quilômetros de rodovias pavimentadas, o que representa 54% da malha rodoviária sob jurisdição federal (CIA, 2015; DNIT, 2015a).

Apesar das rodovias brasileiras estarem amplamente distribuídas no território nacional, ainda não oferecem a qualidade desejada. O indicador de qualidade das rodovias divulgado pela Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2015) contemplou 100.763 quilômetros da malha rodoviária pavimentada do país, e obteve a seguinte classificação: 34,1% entre ótimo e bom; 38,7 % regular e 27,2 % entre ruim e péssimo. Destaca-se que da extensão total contemplada das rodovias, em torno de 80% estão sob gestão pública.

Mesmo com a melhoria dos resultados da pesquisa nos últimos cinco anos, a má qualidade ainda presente nas rodovias brasileiras amplia os custos operacionais com transporte, os quais estão entre 19,3% a 40,6% mais elevados do que seriam em condições ideais. Além disso, estradas danificadas ocasionam efeito inibidor ao desenvolvimento de atividades econômicas (avaliado em um prejuízo superior a U\$ 200 bilhões), acréscimo no tempo de viagem, aumento nos custos dos fretes e das passagens rodoviárias (DNIT, 2005), elevação do índice de acidentes e despesas hospitalares e, ainda, aumento da emissão de poluentes (IPEA; DENATRAN, 2006).

Lamentavelmente, a trajetória de rápido crescimento das atividades de transportes não foi acompanhada pelos investimentos necessários à manutenção e à expansão da infraestrutura brasileira. Pelo contrário, o que se observou foi uma redução dos investimentos em relação ao percentual do Produto Interno Bruto (PIB). Entre 1975 e 2002, os investimentos em infraestrutura de transportes caíram de um patamar de 1,8% do PIB para a média de 0,24%, tendo uma elevação entre os anos 2002 a 2013mas que não ultrapassou 0,65% (LAGE, 2014; CNT, 2014). De acordo com Fleury (2003), como consequência, o Brasil possui uma oferta de infraestrutura de transportes insuficiente para as suas necessidades e bem inferior a de outros países de dimensões territoriais similares. Quanto à obtenção de recursos para a manutenção rodoviária, a forma mais comum de financiamento dos gastos ocorre através dos orçamentos públicos, mas a cobrança direta dos usuários para a utilização das rodovias tem sido cada vez mais adotada, tanto no Brasil como em outros países.

Tendo em vista as atuais características e importância do modal rodoviário em nosso país e, ainda, considerando que os recursos para a manutenção e reabilitação (M&R) de pavimentos quase sempre

são inferiores às reais necessidades, um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é uma ferramenta que pode ajudar os organismos rodoviários na melhor utilização dos recursos disponíveis.

Segundo Haas *et al.* (1994), um SGP consiste num elenco de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos, cujo objetivo principal é utilizar informações confiáveis e critérios de decisão para produzir um programa de construção, M&R de pavimentos que dê o máximo retorno possível para os recursos disponíveis. Para atingir seu objetivo, um SGP deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar os recursos de seu programa de M&R entre todas as seções da rede viária. A obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos aliada a um pavimento seguro, confortável e econômico ao usuário são as premissas principais que motivaram a elaboração deste artigo.

Atualmente, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) é responsável pela manutenção da malha rodoviária federal que não está sobre concessão da iniciativa privada ou dos estados. A publicação do Manual de Gerência de Pavimentos (DNIT, 2011) recomenda a implantação de um SGP no planejamento das ações para a manutenção rodoviária.

Este artigo se propõe em evidenciar a necessidade dos SGPs de modo a aperfeiçoar a gestão da manutenção rodoviária. Para tanto, foi contextualizado o histórico da evolução quantitativa e qualitativa da malha rodoviária brasileira com os investimentos em infraestrutura, justificando desta forma, a necessidade de aprimorar as ações de planejamento para o setor.

2. A MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA – UM BREVE HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL

O transporte rodoviário só é possível, se houver elementos de infraestrutura, como as rodovias, que permitem que os veículos possam se deslocar. Nesta seção, pretende-se resgatar historicamente a evolução da malha rodoviária brasileira e sua situação atual.

No Brasil a partir de 1920, por intermédio dos Estados Unidos (maior produtor mundial de veículos automotores) que concedeu financiamentos para a abertura de estradas, foi o início de um período que reverenciava o automóvel e o transporte rodoviário. A consolidação desse estágio foi efetivada com a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1937, o que atualmente é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005).

Na década de 40 em diante, o sistema ferroviário nacional iniciava um longo período de decadência. O modal rodoviário em evidência no país estava diretamente vinculado às mudanças na divisão internacional do trabalho. Essas transformações no âmbito dos transportes, aconteciam no momento em que a economia nacional mudava seu centro dinâmico para o setor de mercado interno e transitava da dependência do capital britânico para a área de influência e domínio do capital norte-americano.

O governo de Juscelino Kubitschek, a partir de 1956, continuou a investir na expansão da malha rodoviária. Foi neste período que as empresas estrangeiras importadoras e montadoras de veículos acreditaram na potencialidade do mercado nacional e implantaram no país a indústria automobilística. Houve uma grande evolução das estradas, não só no aumento de extensão, mas principalmente no papel que o sistema rodoviário passou a exercer na economia e no espaço geográfico brasileiro: o de integrador nacional (DNIT, 2005).

A partir de 1964, os governos militares também deram prioridade ao transporte rodoviário, continuando o projeto de integração nacional com os seguintes objetivos:

- povoar os vazios demográficos e integrá-los às demais regiões do país;
- facilitar a exploração dos potenciais naturais dessas regiões por intermédio do estabelecimento de um sistema de transportes hidro-rodoviário;
- criar eixos rodoviários onde deveriam ser assentadas famílias, inclusive de outras regiões.

O crescimento evidenciado na malha viária, bem como no setor de produção automotivo no Mundo e no Brasil, sofreu uma grande estagnação no final da década de 1970, face à crise do petróleo e o crescimento desordenado urbano que se alastrou. No Brasil, tal crise foi evidenciada os anos de 1980 e 1990, onde restringiu-se as obras de vulto no setor rodoviário, bem como verificou-se uma deterioração do sistema rodoviário.

O Brasil sofreu sérias dificuldades econômicas e financeiras entre os anos 1980 e 2000, incluindo hiperinflação até 1994, uma crise econômica após a crise asiática (iniciada em 1998-1999) e severas dificuldades financeiras e fiscais na primeira metade da década de 2000. Durante este período, caracterizado por baixo nível de investimentos públicos e taxas de juros altas ou extremamente altas, muitos investimentos necessários no setor rodoviário foram adiados, particularmente em M&R (BIRD, 2011).

A Lei nº 8.987 Lei das Concessões foi aprovada pelo governo brasileiro em 1995, permitindo a delegação de serviços públicos, como a manutenção e operação das rodovias, às empresas privadas que possuam capacidade para realizá-los. A partir dessa data as concessões de rodovias foram realizadas tanto pela União como pelos Estados (BROCHADO, 2008).

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) iniciado em 2007 pelo governo federal constituiu um plano de governo que reunia um conjunto de políticas econômicas, para os quatro anos subsequentes, e que tinha como objetivo acelerar o crescimento econômico do Brasil. O PAC previa medidas de estímulo ao investimento privado e a ampliação dos investimentos públicos em infraestrutura e que iriam contribuir com o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), elaborado em 2007 pelo Ministério dos Transportes, que planejava uma transformação relevante da matriz de transportes no país (VIEIRA, 2011).

O PAC foi reformulado e mantido para o próximo mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva e mantido pela presidenta Dilma Vana Rousseff, que no início do seu segundo mandato em 2015 reduziu os recursos em transportes. A taxa média de 0,35% do PIB em infraestrutura de transportes do seu primeiro mandato, passou em 2015 para 0,23% (IBGE, 2016; MT, 2016).

Segundo o Plano Nacional de Viação (PNV), em 2015, a extensão atual do sistema rodoviário federal brasileiro é de 120.066 km, considerando rodovias planejadas e com traçado coincidente a rodovias estaduais, conforme apresentado na Tabela 1. Dessas rodovias, o órgão responsável pela infraestrutura de transportes no Brasil, o DNIT, tem sobre a sua responsabilidade conservar mais de 85,5 mil km de rodovias com pavimento (DNIT, 2015a).

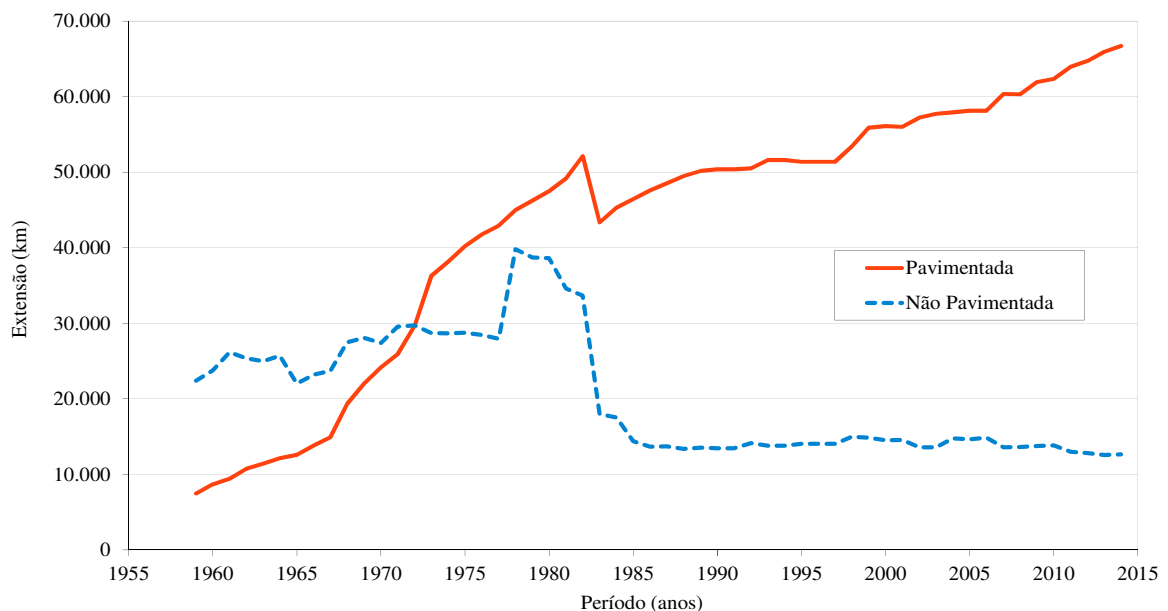
Tabela 1 – Malha rodoviária PNV 2015 – jurisdição federal.

Região	Planejada (+ estadual coincidente) (km)	Rede Não Pavimentada (km)	Rede Pavimentada (km)	Total (km)
Norte	8.149,00	6.383,10	8.919,30	23.451,40
Nordeste	9.362,50	2.183,50	20.014,50	31.560,50
Sudeste	15.343,60	771,60	12.522,00	28.637,20
Sul	6.236,40	375,60	12.012,70	18.624,70
Centro-Oeste	4.620,70	1.745,40	11.426,10	17.792,20
Total	43.712,20	11.459,20	64.894,60	120.066,00

Fonte: DNIT (2015a).

O gráfico da Figura 1 retrata a evolução histórica da malha rodoviária federal abordada nesta seção, que sofreu influências econômicas e políticas tanto na sua extensão como na sua qualificação com a evolução da pavimentação. As reduções da malha pavimentada entre 1982 e 1984 se devem, respectivamente, à primeira transferência das estradas federais aos estados e à uma mudança na nomenclatura. Entre os períodos de 1996 e 1998 o governo federal assinou convênios de delegação a vários estados da federação, novamente refletindo na extensão da malha federal (BROCHADO, 2008).

Figura 1 – Evolução da malha federal ao longo do tempo.

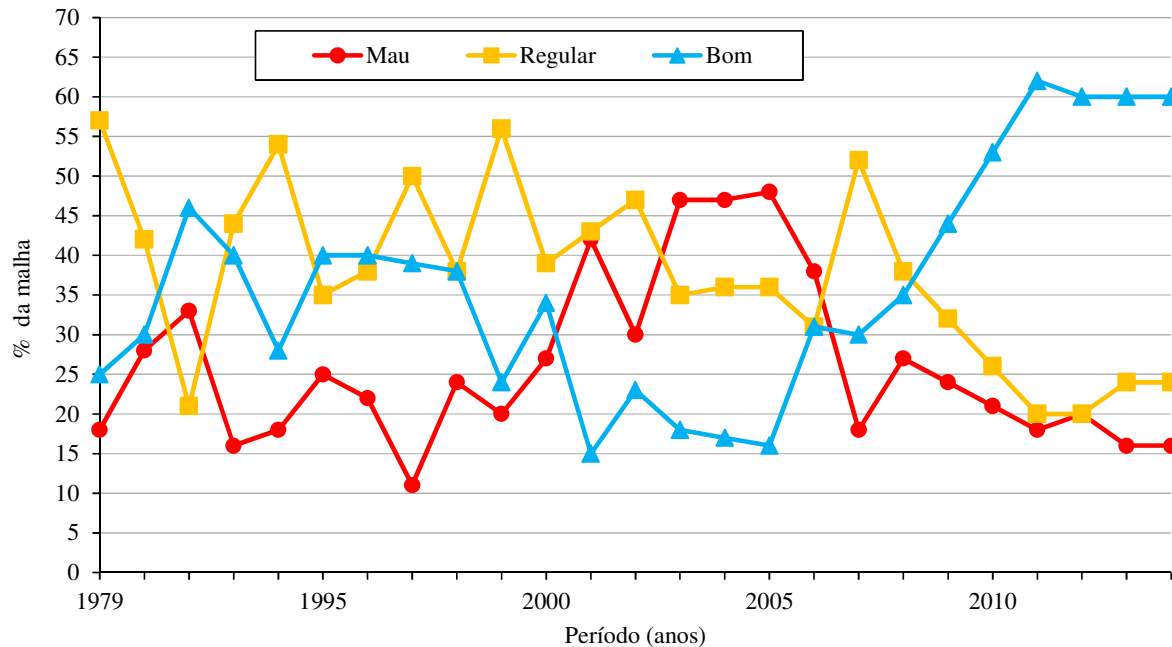


Fonte: DNIT (2015b).

Em 2005, mais de 2/3 das estradas federais já tinham entre 20 a 40 anos de idade (BIRD, 2010). Tal malha, embora muitas vezes super dimensionadas na etapa de construção, alcançou um estágio onde é necessária uma intensiva reabilitação, ainda mais considerando a evolução da natureza e da intensidade do tráfego ao longo período, notadamente formada por veículos pesados, e as condições meteorológicas agressivas do clima brasileiro. Um volume significativo de obras de M&R vem sendo necessário desde os anos 80, mas os programas rodoviários não se adaptaram suficientemente rápido. Conseqüentemente, as condições das estradas deterioraram-se rapidamente, em especial desde meados dos anos 90, conforme é verificado na Figura 2 que apresenta a proporção da malha rodoviária pavimentada em estado bom, regular e mau ao longo dos anos, conforme a classificação do DNIT. O início do maior aumento de percentual de rodovias consideradas em condição boa, a

partir de 2007, recebe a interferência do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que previa investimentos em infraestrutura de transportes.

Figura 2 – Evolução das condições da malha federal.



Fonte: Adaptado de DNIT (2015c).

Segundo os cálculos apresentados na Pesquisa Rodoviária da CNT em 2006 (CNT, 2006), os investimentos necessários para que o sistema rodoviário alcance um padrão adequado de segurança e desempenho foram estimados em R\$ 22,2 bilhões (em torno de 1,1% do PIB para o ano do cálculo). Já para uma manutenção rodoviária adequada, seriam necessários investimentos anuais da ordem de R\$ 1,3 bilhão (0,06% do PIB), valores irrisórios se comparados aos gastos financeiros, como os juros da dívida do Estado, cerca de R\$ 160 bilhões (FNE, 2009). Em contrapartida, no mesmo ano de 2006 os investimentos previstos no Orçamento da União para a conservação rodoviária foram na ordem de R\$ 629,1 milhões, praticamente a metade do que foi apontado como necessário (Senado, 2011). Os investimentos do PAC entre 2010 e 2011 somarão mais de R\$10 bilhões em manutenção rodoviária, período de maior investimento do programa nessa área, entretanto no ano de 2015 houve a necessidade de ajustes econômicos refletindo nos investimentos nas rodovias (MT, 2016; BRASIL, 2016).

Cabe destacar, que existe uma significativa diferença entre os custos por quilômetro para realizar a manutenção, a restauração e a reconstrução na malha rodoviária. Enquanto, em valores aproximados, o primeiro, é de R\$ 250 mil por quilômetro, o segundo é de R\$ 800 mil e

o último é R\$ 1,7 milhões (DNIT, 2015d). Ou seja, restaurar é aproximadamente 3,2 vezes mais custoso do que conservar, e reconstruir é mais de 6 vezes mais caro que conservar e 2 vezes mais caro do que restaurar. A diferença entre ter que operar em uma atividade ou outra, pode impactar em bilhões no orçamento total da infraestrutura de transportes. Assim como os investimentos em manutenção que deixam de serem feitos hoje, tornam-se montantes significativamente maiores no futuro, gerando prejuízos e perdas de oportunidade à nação.

Diante da realidade do País oferecer uma malha rodoviária considerável em expansão, e altamente solicitada, a qual pode requerer mais recursos dos que são disponibilizados, se observa a necessidade das intervenções de M&R serem planejadas, o que permitirá de forma sistemática, o estabelecimento de prioridades na aplicação dos recursos.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para o desenvolvimento do presente artigo foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica, para os assuntos pertinentes ao objetivo do trabalho. Os assuntos como a situação atual da malha rodoviária brasileira, a estrutura e aplicações dos SGPs, bem como os modelos de desempenho, foram considerados de elevada importância para se cumprir o objetivo da pesquisa.

Utilizou-se ferramentas de busca bibliográfica que permitiram o acesso a publicações em formato digital de artigos e manuais disponibilizados na *internet*, bem como de organizações públicas e privadas. Dessa forma, foi possível subsidiar e embasar a pesquisa em função do conhecimento exposto nas diversas publicações, com o mesmo tema do presente artigo.

A estrutura da pesquisa, primeiramente, consiste da contextualização sobre a situação da malha rodoviária brasileira. Dividida em seções, a revisão bibliográfica, aborda a respeito da composição dos SGPs, bem como dos elementos necessários para a sua implantação e, num segundo momento foram pesquisados resultados obtidos durante tomadas de decisões em intervenções de manutenção rodoviária.

4. OS SGPs E A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

Os maiores estudos sobre o desempenho dos pavimentos foram realizados nos Estados Unidos entre 1950 e 1960 pela *American Association of State Highway and Transportation Officials*

(AASHTO) *Road Test*, e se iniciava a preocupação em manter e gerenciar as vias (ZANCHETTA, 2012). O pavimento de uma rodovia é um dos seus principais componentes, sendo o mesmo responsável pela durabilidade da via, devendo possuir as condições de rolamento tais que permitam uma circulação fácil, cômoda e segura. Nessa seção, é apresentado o SGP e a sua relação com a manutenção rodoviária.

Mediante a utilização de um SGP, os departamentos rodoviários ou prefeituras municipais podem avaliar a aplicação de várias estratégias de (M&R), simulando seus efeitos sobre a condição dos pavimentos e os custos associados a construção, a manutenção e reabilitação e a operação dos veículos. As organizações gestoras da manutenção rodoviária podem, dessa forma, escolher a estratégia (o que fazer?), selecionar a atividade mais indicada (como fazer?), indicar as seções prioritárias (onde fazer?) e definir a melhor época para a execução dos serviços de manutenção (quando fazer?).

A Figura 3 representa o funcionamento de um SGP, que é dividido em dois níveis: rede e projeto. O primeiro inclui as atividades de planejamento, programação e orçamento, enquanto que as decisões em nível de projeto envolvem as atividades de projeto, construção e manutenção (BENEVIDES, 2006 *apud* HASS *et al.*, 1994).

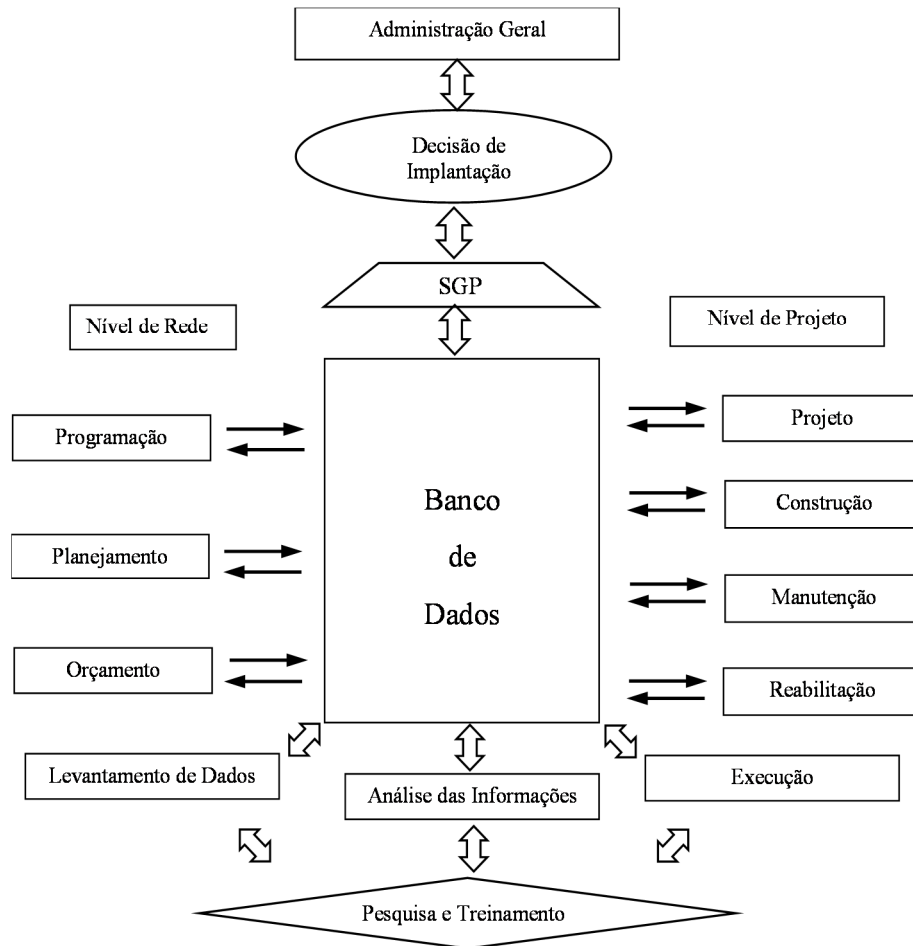
As decisões em nível de rede podem, ainda, ser divididas em:

- nível de seleção de projeto: processo de priorização, envolvendo um ou mais grupos de projetos;
- nível de programa: processo orçamentário global, envolvendo a alocação de recursos para toda a rede.

Em nível de seleção de projeto, dois modelos podem ser utilizados:

- modelos de priorização: selecionam projetos para manutenção mediante um critério classificatório, baseado, dentre outros fatores, em um índice da condição de cada segmento;
- modelos de otimização: maximizam (ou minimizam) uma função objetivo, geralmente o custo total, submetida a uma série de restrições.

Figura 3 – Fluxograma dos componentes de um SGP.

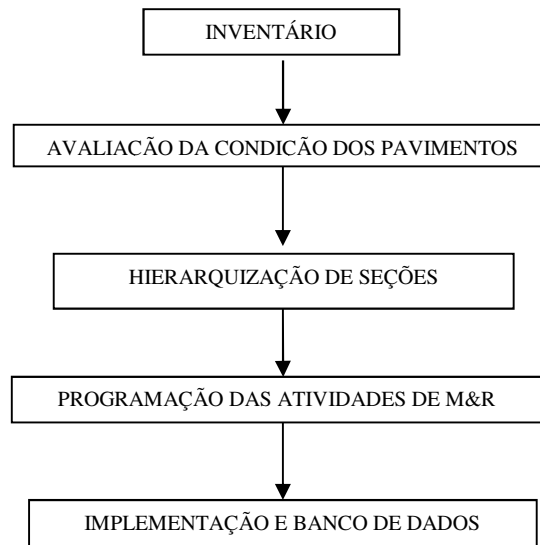


Fonte: Benevides (2006) *apud* Haas *et al.* (1984).

O banco de dados está no centro do fluxograma da Figura 3 pois é dele que partem as informações para manutenção do SGP. Entretanto além dos dados servirem de alimentação dos modelos, também recebem informações dos resultados das ações que foram tomadas. A existência do banco de dados depende da execução e análise dos levantamentos, que requer pesquisa e treinamento da equipe técnica envolvida para que se obtenha dados confiáveis e com a acurácia necessária.

As etapas do desenvolvimento de um SGP simplificado, podem ser identificados na Figura 4. Devido a simplicidade do fluxograma da Figura 4, deve-se ressaltar que o banco de dados deve ser periodicamente alimentando pelas atividades de M&R e pelo inventário.

Figura 4 – Etapas do desenvolvimento de um SGP simplificado.



Fonte: Fernandes e Bertollo (1997).

Conforme apresentado por Haas *et al.* (1994), as prioridades em gerência de pavimentos podem ser determinadas por vários métodos, que vão da simples hierarquização subjetiva até a otimização baseada em modelos de programação matemática, passando pelo uso de índices de priorização calculados em função de fatores que condicionam o desempenho dos pavimentos e os custos associados.

Existe uma forte relação entre o desempenho dos pavimentos e suas estratégias de intervenção. Na medida em que as datas de realização são adiadas quase sempre ocorrem gastos adicionais quando a manutenção é finalmente executada, pois as estruturas dos pavimentos sofrem deterioração acelerada. A gerência de pavimentos visa minimizar esse problema, integrando a avaliação dos pavimentos com a definição das atividades de M&R e a priorização.

De uma maneira geral, as atividades de manutenção podem ser divididas em duas categorias: preventiva e corretiva. A manutenção preventiva consiste no grupo de atividades realizadas para proteger o pavimento e reduzir a sua taxa de deterioração, enquanto que as atividades da manutenção corretiva visam eliminar um determinado tipo de defeito.

Com base no inventário e no levantamento de campo, pode-se analisar, em nível de rede, diferentes estratégias de M&R (por exemplo não fazer nada, manutenção corretiva, manutenção preventiva, recapeamento, reconstrução). Finalmente, passa-se à análise em nível de projeto,

que consiste da definição das atividades de manutenção e, quando for o caso, no dimensionamento dos reforços e na reconstrução.

Embora as atividades de manutenção ajudem a prolongar a vida útil, os pavimentos precisam, mais cedo ou mais tarde, de atividades de reabilitação, que consistem de trabalhos mais efetivos, visando a recuperação, o reforço ou a adaptação de pavimentos deficientes. Após a avaliação dos pavimentos, os valores dos índices combinados também podem dar a indicação sobre qual estratégia de M&R adotar.

4.1. Informações essenciais para a implantação de um SGP

O inventário é o processo de coleta e organização dos dados essenciais para a implementação de um SGP. Os passos básicos desse processo incluem a definição das seções de pavimento, envolvendo descrição e referência, a seleção das variáveis ou dados que deverão constar do inventário e a reunião e arquivamento das informações em um banco de dados.

O primeiro passo de um inventário consiste na divisão da rede viária em segmentos ou seções. O comprimento da seção determina o volume de dados a ser coletado. Normalmente as seções são definidas em função dos fatores que influenciam a deterioração dos pavimentos, tais como: mudança no número de faixas de tráfego; mudança do tipo de pavimento; mudança abrupta de volume de tráfego; mudança da estrutura do pavimento (espessuras, materiais); mudança de características do subleito. O DNIT, utiliza atualmente para a sua rede rodoviária uma divisão em trechos, que tem como critério básico a divisão de cada rodovia da rede federal em trechos cujos pontos extremos exerçam uma ação modificadora no volume de tráfego.

Os trechos assim obtidos, sempre com extensão máxima de 999 km, recebem um código de identificação composto por dez dígitos, conforme o Quadro 1. Exemplificando os códigos de identificação cita-se o trecho 285BRS0075 que corresponde ao trecho de Entr. RS-020 (Encruzilhada das Antas) – São José dos Ausentes, localizado no Rio Grande do Sul (DNIT, 2015a).

Quadro 1 – Códigos de identificação dos trechos.

XXX	BR	XX	XXXX
Nº da rodovia (BR)	Trecho federal	Unidade da Federação	Nº do trecho (crescente, não volta a zero nas divisas estaduais)

Fonte: DNIT (2011).

O sistema de referência assim constituído foi subdividido em subtrechos. Nestes campos são inseridas informações referentes à região, estrutura do pavimento, tráfego, irregularidade superficial, Índice de Gravidade Global (IGG) dos defeitos e dados de deflexão dos trechos em análise, de acordo com o Quadro 2. Portanto, a identificação do subtrecho é composta primeiro pelos códigos de identificação do trecho e descritos na sequência pelos códigos do segmento propriamente dito.

Quadro 2 – Código de identificação do segmento homogêneo.

X	XXXX	X	X	X
Região	Estrutura do pavimento	Volume de tráfego	Irregularidade da superfície	Deflectometria e IGG

Fonte: DNIT (2011).

Ao selecionar as variáveis que irão constar do inventário e o nível de detalhamento desejado, deve-se levar em consideração os custos de coleta e manipulação dos dados. Entretanto o inventário da rede pavimentada, conforme DNIT (2011) deve conter no mínimo os seguintes dados:

- Descrição e identificação das seções: código (classe funcional e administrativa), marcos de início e fim da seção, tipo de pavimento;
- Características geométricas: comprimento, largura, número de faixas, número de recapeamentos, espessuras e materiais das camadas;
- Histórico: ano de construção, ano da última atividade de M&R, data e tipo das sucessivas atividades de M&R e custos associados;
- Tráfego: capacidade da via, Volume Diário Médio (VDM), taxa de crescimento, porcentagem de caminhões.

Os pavimentos flexíveis são geralmente avaliados por quatro atributos para medir a sua condição atual, segundo Soncim (2011): irregularidade longitudinal da superfície, deflexões recuperáveis, o coeficiente pneu-pavimento e os defeitos na superfície do pavimento. Cada um desses atributos pode ser definido e obtido da seguinte forma:

- a) Avaliação da irregularidade superficial: o desempenho do pavimento, ou seja, sua capacidade de servir ao tráfego com conforto, segurança e economia, está intrinsecamente relacionado com a irregularidade longitudinal. A irregularidade longitudinal pode ser quantificada por perfilômetros, perfilógrafos e equipamentos do tipo “resposta”, como por exemplo o integrador de irregularidade IPR/USP, desenvolvido pelo Instituto de

Pesquisas Rodoviárias (IPR) e a Universidade de São Paulo (USP) (SONCIM, 2011; SILVA, 2008).

b) Deflexões recuperáveis: que são verificadas através de ensaios estruturais. Esses ensaios podem ser destrutivos, mediante a avaliação da capacidade de suporte de amostras coletadas *in situ*, ou não-destrutivos, envolvendo a medida de deflexões superficiais causadas por um carregamento conhecido. Para a avaliação estrutural não-destrutiva tem sido utilizados a viga Benkelman e os deflectômetros de impacto tipo *Falling Weight Deflections* (FWD) (BENEVIDES, 2006).

c) Coeficiente pneu-pavimento: a avaliação do coeficiente pneu-pavimento, relacionada à segurança, pode ser obtida através de equipamento como o Pêndulo Britânico e o ensaio de mancha de areia (ZANCHETTA e FERNANDES JR., 2012).

d) Defeitos na superfície: envolve a inspeção visual e a identificação dos tipos de defeitos mais significativos e a medida e avaliação da extensão e severidade de cada defeito. O reconhecimento do tipo de defeito, a quantificação de sua extensão (definida como a frequência de ocorrência ou quantidade de superfície de rolamento sujeita a um determinado tipo de defeito), a identificação do nível de severidade (definido como grau de deterioração associado aos vários tipos de defeitos, normalmente classificados em três níveis: baixo, médio e alto) e a determinação das causas dos defeitos são de vital importância para seleção das estratégias de intervenção e definição das atividades de M&R (SONCIM, 2011).

4.2. Modelos de desempenho de pavimentos

O desempenho dos pavimentos pode ser definido, segundo Oliveira (2002), 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. Carey *et al.* (1960) usaram o conceito de serventia nas avaliações subjetivas para determinar o estado de deterioração dos pavimentos. Este estudo também apresentou, como importante contribuição, o estabelecimento de procedimentos para o desenvolvimento de equações que relacionam a serventia com os carregamentos aplicados e com a espessura do pavimento.

Nos Estados Unidos, a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento é denominada *Present Serviceability Ratio* (PSR), correspondendo no Brasil ao Valor de

Serventia Atual (VSA). Segundo DNIT (2011), o VSA é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Esta escala compreende cinco níveis de serventia, conforme expresso no Quadro 3.

Quadro 3 – Níveis de Serventia.

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: DNIT (2011).

Os modelos de previsão de desempenho são utilizados pelos SGPs como ferramenta de auxílio na tomada de decisões, como, por exemplo, para a escolha de ações de M&R, para a determinação da data de intervenção e para a seleção de projetos prioritários. Os modelos de desempenho estimam a evolução da condição do pavimento ao longo do tempo, considerando geralmente fatores como idade, tráfego, clima e número estrutural.

O grau de acurácia necessário para um modelo de previsão de desempenho depende da função na qual ele será empregado. Por exemplo, modelos de desempenho utilizados em análises em nível de projeto necessitam maior acurácia do que aqueles que serão empregados em análises em nível de rede (SHAHIN, 1994).

A eficiência de um SGP está relacionada com o tipo de modelo de previsão empregado, pois devem representar as condições às quais eles estão aplicados e por isso devem ser desenvolvidos a partir de dados locais (SONCIM, 2011 *apud* NASCIMENTO e FERNANDES JR., 2005; QUEIROZ, 1984). Devido a diversidade climática e geológica, o Brasil é um exemplo que se tratando de modelos de previsão de pavimentos deve-se partir de dados locais. No que diz respeito aos modelos de desempenho desenvolvidas no Brasil, na revisão bibliográfica encontra-se as pesquisas de: Marcon (1996), Lerch (2002), Yshiba (2003), Benevides (2006),

Albuquerque (2007) e Soncim (2011). Entretanto os primeiros autores nesses estudos foram Queiroz (1981) e Paterson (1987) (SONCIM, 2011).

Queiroz (1981) apresentou casos de modelos lineares baseados em dados de campo e nos princípios mecanicistas. Esses estudos foram a origem ao modelo de previsão da irregularidade longitudinal da norma DNER PRO 159/85 (NAKAHARA, 2005 *apud* DNER, 1985). Em um estudo para o Banco Mundial, Paterson (1987), desenvolveu exemplos de modelos não lineares baseados em dados de campo. A abordagem foi um exemplo de um método empírico acrescido por princípios mecanicistas, utilizando modelos paramétricos por regressão dos dados coletados de vias em serviço com diferentes características de tráfego e estrutura (NAKAHARA, 2005 *apud* WATANATADA *et al.*, 1987).

4.3. SGPs no Brasil

O Banco Mundial, com o objetivo de criar um critério para a tomada de decisão sobre qual investimento traria maior retorno social, a partir de 1968, financiou pesquisas sobre os custos rodoviários em diversos países, como: Brasil, Caribe, Índia e Quênia. As pesquisas e modelos elaborados pelo *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL), *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (LCPC) e o *Massachusetts Institute of Thechnology* (MIT) resultaram em 1976 da primeira versão do *software Highway Design and Maintenace Model* (HDM) que dá apoio à decisão com base em indicadores de viabilidade econômica de projetos (NUNES, 2012).

Segundo Heyn *et al.* (1995), o modelo HDM, entre outras coisas, é capaz de:

- Simular a evolução da deterioração de um pavimento (irregularidade longitudinal, porcentagem de área deteriorada e o afundamento das trilhas de roda) em função de suas condições superficiais, funcionais, estruturais e de agressividade do tráfego que o solicita;
- Prever o custo operacional de veículos que utilizam uma rodovia em função de suas características geométricas e da qualidade de rolamento fornecida por seu pavimento.

Apesar dos estudos terem iniciados há algumas décadas com a participação de técnicos brasileiros durante os estudos realizados pelo Banco Mundial, o DNER somente formalizou o seu SGP em 1982, quando de fato pode divulgar suas primeiras normas técnicas que estabeleciam uma metodologia para a implantação do sistema (DNIT, 2011). O Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT indica o uso do HDM em SGPs (DNIT, 2011). A partir da

iniciativa do DNER, vários departamentos estaduais implementaram seus SGPs dentre eles, Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e Ceará (BENEVIDES, 2006). O estado de São Paulo em 2008 desenvolvia o seu SGP conforme relata Silva (2008).

As concessionárias de rodovias também estão aplicando SGPs conforme o *link* da *Pavesys* (2016) há vinte SGPs mantidos pela empresa e distribuídos em concessionárias nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Rio Grande do Sul. O concórcio Univias, concessionária de rodovias, faz uso de SGP desde 2002, o utilizando nas tomadas de decisão dos serviços executados e como uma fonte de consulta de diversas informações pertinentes a malha pavimentada. Mantendo um banco de dados atualizado, o concórcio tem acesso as informações confiáveis do histórico dos pavimentos, agilizando o desenvolvimento de projetos. Há outros benefícios relacionados ao uso do SGP pelo concórcio como a elaboração de um Plano Plurianual de Investimentos e determinação de estratégias alternativas de manutenção em função da relação benefício-custo oferecida (SEVERO *et al.*, 2004).

5. A GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

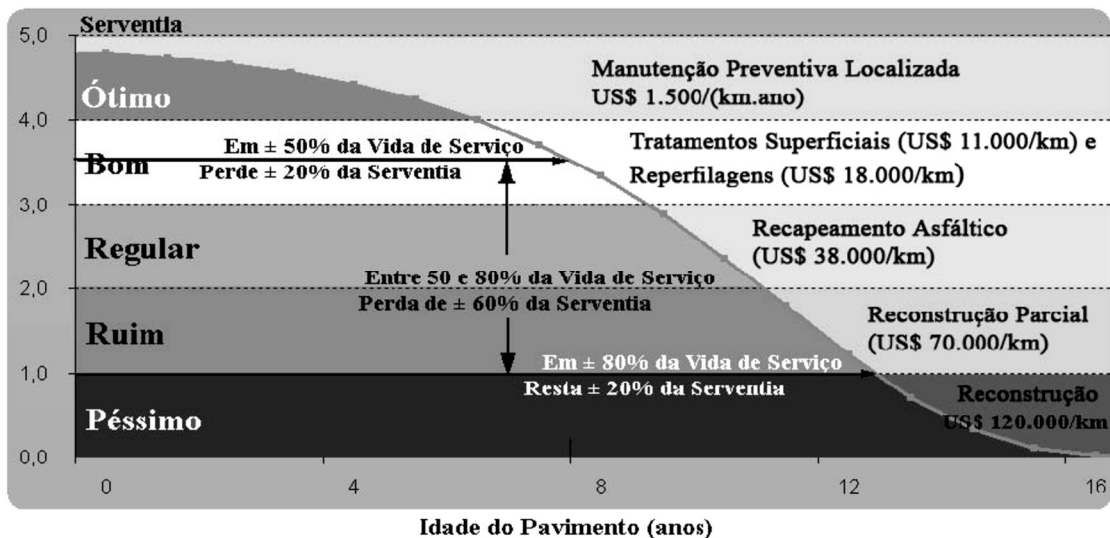
Na maioria dos órgãos rodoviários, as decisões quanto aos recursos a serem aplicados na manutenção rodoviária são realizadas por gestores da área financeira, cabendo á área técnica definir e distribuir as ações na malha rodoviária. A falta de conhecimentos técnicos ou ferramentas adequadas para priorizar as ações de manutenção do pavimento pode trazer consequências como o envelhecimento precoce, atingindo a deterioração de forma irreversível, e, conseqüentemente, a insatisfação da sociedade.

Paterson (1987) destaca que a não aplicação de recursos na época devida para execução dos serviços de manutenção e restauração em diversas rodovias localizadas em países desenvolvidos, segundo levantamentos efetuados pelo Banco Mundial, acarretou em grandes prejuízos. A postergação na execução destes serviços ocasionou um substancial acréscimo nos custos inicialmente previstos, o que poderia ter sido evitado. Na época, os custos para esses serviços passaram de 12 bilhões de dólares para 90 bilhões de dólares.

Durante estudos de viabilidade, Pinto (2005) pode relacionar e apurar os custos com manutenção para cada nível de serventia com o passar do tempo da vida útil, em rodovias estaduais com Volume de Tráfego Diário (VDM) de 1.300 veículos que receberiam

Contratos de Restauração e Manutenção (CREMA) no estado do Rio Grande do Sul. Os resultados encontrados por Pinto (2005) expressos no gráfico da Figura 5 demonstram que os custos com manutenção crescem de forma exponencial conforme a serventia do pavimento decresce ao longo dos anos.

Figura 5 – Deterioração dos pavimentos e os custos com as intervenções.



Fonte: Pinto (2005).

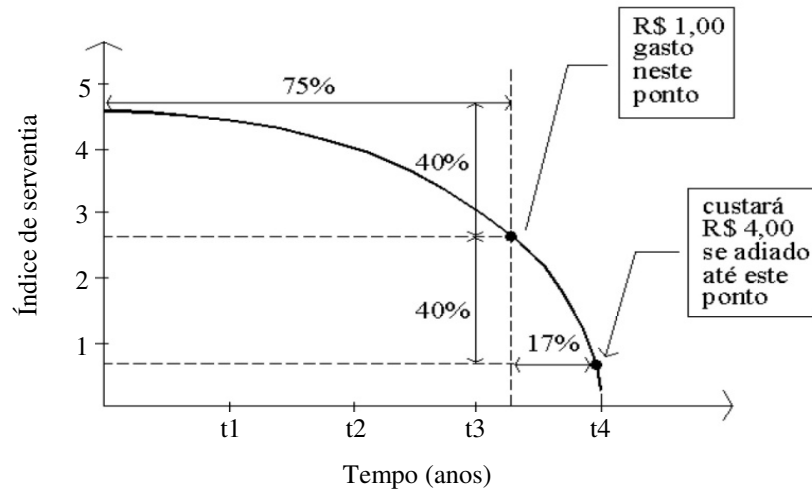
Conforme Peterson (1987), a administração de uma rede viária deve fornecer respostas para algumas das seguintes questões:

- O que acontecerá se nenhuma atividade de manutenção for efetuada ou se a manutenção for adiada em uma parte da rodovia?
- O que fazer se houver redução no orçamento? E também se esta redução implicará em que seções de pavimentos deixem de receber as intervenções de reabilitação?
- O que fazer se houver um acréscimo no limite legal para cargas por eixos dos veículos pesados?

A Figura 6 ilustra a inter-relação entre o índice de serventia, a vida útil do pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção requeridas. Verifica-se que o índice de serventia teve uma queda de 40%, após o pavimento consumir 75% de sua vida útil. Nos 17% seguintes de vida útil, o índice de serventia caiu mais 40% evidenciando a importância da intervenção de manutenção no momento adequado. Observa-se na Figura 6 que, ao deixar de aplicar R\$ 1,00 na época certa, com índice de serventia de aproximadamente 2,5, este valor passa de R\$ 1,00 para R\$ 4,00 se aplicado após grande perda de serventia (índice de

serventia menor do que 1), implicando em um aumento de 300% no custo das atividades de manutenção, devido à postergação.

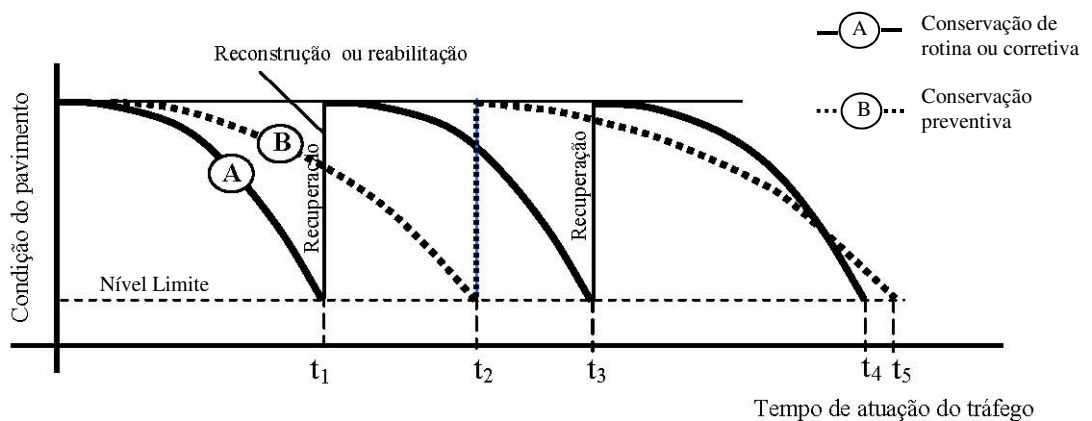
Figura 6 - Inter-relação entre índice de serventia, a vida útil do pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção.



Fonte: Adaptado de Haas (1978).

Quando se compara distintos conjuntos de intervenções priorizadas apresentadas na Figura 7, conclui-se que a redução da condição de qualidade do pavimento reduz lentamente com o tempo, quando aplicada a conservação preventiva. Esta redução da qualidade é mais rápida quando não é aplicada a conservação preventiva, mas somente a conservação de rotina ou corretiva.

Figura 7 - Análise da postergação das intervenções nos pavimentos.



Fonte: Castro (2009).

As condições do pavimento, sem conservação preventiva, caem a um Nível Limite (NL), que exige recuperação ou reconstrução num tempo t_1 . O pavimento com conservação preventiva atingirá o mesmo NL num tempo maior t_2 . Num determinado período, o número de vezes que o pavimento será reconstruído ou reabilitado será menor quando a conservação preventiva é praticada e, conseqüentemente, haverá uma redução no custo global da conservação pela redução do número de recuperações.

A postergação das atividades de manutenção gera efeitos negativos em cadeia no planejamento do gerenciamento de uma rede viária. No exemplo da Figura 7, a análise se deteve a um trecho, mas na realidade o planejamento deve abranger o estudo de toda a rede, que apresenta segmentos com diferentes níveis de serventia.

É notável a importância da gerência de pavimentos, diante dos fatos apresentados pelo *World Road Association* (WRA, 1999):

- 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;
- Em um estudo onde foram analisados 85 países que alocavam recursos em manutenção rodoviária, identificou-se que um gasto de 12 bilhões de dólares em manutenção preventiva, poderia evitar um custo de 40 bilhões de dólares em reconstrução.

6. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou uma revisão bibliográfica sobre como se definem os elementos necessários de um SGP e quais são as suas aplicações. Foram expostas as principais características das estradas federais, como a sua extensão e as condições de desempenho oferecidas aos usuários. E no campo da gerência de pavimentos, foram tratadas as etapas de um SGP, seu principal objetivo e os principais elementos necessários para a implantação destes sistemas.

Os dados levantados demonstraram que o Brasil transporta a maior parte de sua produção agrícola e industrial através do modal rodoviário, que é composto por uma extensa malha de rodovias parcialmente pavimentada. Os pavimentos ao longo do seu tempo de vida e

exposição as condições climáticas e ao tráfego perdem o seu desempenho de qualidade. Para tanto, as intuições responsáveis por esse patrimônio se deparam em prever e executar as manutenções dessas rodovias.

Para cada tipo de intervenção de manutenção existem custos diferenciados, ocasionando desta forma, a dependência da disponibilização de recursos financeiros. De um lado tem-se o problema de preservar e melhorar as condições das rodovias e, de outro lado, orçamentos limitados para os serviços. Foi constatada a necessidade de um planejamento para aplicar as manutenções rodoviárias de forma econômica e benéfica aos usuários. O que se deixa de aplicar em manutenção em um determinado período, pode se transformar em pouco tempo em 3 a 4 vezes mais custos quando for de fato realizado. É neste contexto que os SGPs foram aqui apresentados, como uma ferramenta para programação orçamentária e para priorizar as intervenções mais adequadas na manutenção rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S.F. (2007). *Sistema de Gerência de Pavimento para Departamentos de Estados do Nordeste Brasileiro*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre
- BENEVIDES, S.A. de S. e. (2006), *Modelos de Desempenho de Pavimentos Asfálticos para um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará*. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- BIRD (2010). *Performance Based Contracts in the Road Sector. Towards Improved Efficiency in the Management of Maintenance and Rehabilitation. Brazil's Experience*. The World Bank, Washington, D.C.
- BRASIL (2016). *Portal Transparência do Governo Federal – Despesas por Programa*. Disponível em; www.portaltransparencia.gov.br/PortalTransparenciaGDPProgramaPesquisaPrograma.asp?Desastre=O&Ano=2010&textoPesquisa=MANUTEN%C7%C30. Acessado em 26 de julho de 2016.
- BROCHADO, M.R. (2008). *Contribuição para a fiscalização da infra-estrutura rodoviária concedida visando as necessidades dos usuários*. 106f. Dissertação de Mestrado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- CAREY JR., W.N. E IRICK, P.E. (1960). *The Pavement Serviceability Performance Concept*. In: Highway Research Board – Buletin 250, p.40-58.
- CASTRO, P. C. G de (2009). *Conservação do Pavimento Parte I*. Notas de Aula. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CIA (2015) *World Factbook*.. Disponível pelo site: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>. Acesso em: 08. Maio. 2015
- CNT (2006). *Pesquisa CNT de Rodovias*. Confederação Nacional de Transportes. Disponível pelo site: <http://www.sistemacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2006/>. Acessado em 11 de setembro de 2011.
- CNT (2013). *Pesquisa CNT de Rodovias*. Confederação Nacional de Transportes. Disponível pelo site: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paaginas/relGeral.aspx?origem=2>>. Acessado em 01 de abril de 2014.
- CNT (2014). *Pesquisa CNT de Rodovias*. Confederação Nacional de Transportes. Disponível pelo site: Disponível:<<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Downloads/Galeria%20de%20Fotos/2014/Relatorio%20por%20Estado>. Acessado em 07 de maio de 2015.
- CNT (2015). *Pesquisa CNT de Rodovias de 2015*. Confederação Nacional de Transportes. Disponível no site: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>. Acessado em 05 de fevereiro de 2016.
- DNIT (2005). *Manual de Conservação Rodoviária*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro.
- DNIT (2011). *Manual de Gerência de Pavimentos*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro.

- DNIT (2015a). *Sistema Nacional de Viação de 2015*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>. Acessado em 12 de fevereiro de 2016.
- DNIT (2015b) *Evolução física da Malha Rodoviária Federal*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>. Acessado em 12 de fevereiro de 2016.
- DNIT (2015c) *Evolução do Perfil da Rede Rodoviária Federal Pavimentada*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/evolucao-da-condicao-da-malha-ate-2011-por-uf-2001-a-2014-sf.pdf>. Acessado em 10 de maio de 2015.
- DNIT (2015d) *Custo Médio Gerencial março/2015*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: https://189.9.128.64/custos-e-pagamentos/copy_of_custo-medio-gerencial. Acessado em 23 de fevereiro de 2016.
- FERNANDES Jr., J. L.; BERTOLLO, S. A. M. (1997). *Sistemas de Gerência de Pavimentos para os Distritos Rodoviários*. Simpósio Internacional sobre Rodovias com Baixo Volume de Tráfego.
- FLEURY, P. F. (2003). *Terceirização logística no Brasil*. In: Figueiredo, K.F.; Fleury, P. F.; Wanke, P. (Eds.). Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos: Editora Atlas, p. 313-324, São Paulo.
- FNE (2009). *Uma Proposta de Infra-Estrutura de Transportes para o Brasil – 2011 – 2014*. Nota Técnica. Federação Nacional dos Engenheiros, Brasília.
- HAAS, R., HUDSON, W. R.(1978). *Pavement Management Systems*. EUA: McGraw-Hill.
- HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Co. Malamar, Flórida.
- HEYN, A.T., ARANOVICH, A. (1995). *Análise econômica de investimentos aplicados na conservação rodoviária: uma investigação a respeito de padrões de conservação*. Anais da 29ª Reunião Anual de Pavimentação; Associação Brasileira de Pavimentação. Vol. 2, Cuiabá.
- IBGE (2016). *Produto Interno Bruto*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries Estatísticas. Disponível no site: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=SCN52&sv=41&t=produto-interno-bruto-br-valores-correntes>. Acessado em 26 de julho de 2016.
- IPEA (2011). *Gargalos e Demandas da Infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: Mapeamento IPEA de Obras Rodoviárias*. 1592 – Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.
- IPEA, DENATRAN (2006). *Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras*. Relatório Executivo, Brasília.
- LAGE, F.A.; ALENCAR, C. T.; LIMA JR., J.R. (2014). *Infraestrutura de transportes no Brasil: aspectos que mostram a necessidade de investimento privado no país*. 14ª Conferência Internacional da LARES. Rio de Janeiro.
- LERCH, L.R. (2002). *Previsão de Irregularidade pós-recapê em rodovias do RS. Ajuste do HDM-4*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre
- MARCON, A. F. (1996) *Contribuição ao Desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina*. Tese de Doutorado. Instituto de Aeronáutica. São José dos Campos.
- MT (2016). *Relatórios de Investimentos em Infraestrutura*. Ministério dos Transportes. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/politica-de-transportes.html> Acessado em: 26 de julho de 2016.
- NUNES, D. F. (2012). *Procedimento para análise de sensibilidade do programa HDM-4*. 2012. 216 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- OLIVEIRA, M.E. D. (2002) *Estudo comparativo entre medições de irregularidade de pavimentos realizadas no Brasil e nos Estados Unidos*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- PATERSON, W.D.O. (1987) *Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management*. The Johns Hopkins University Press. The World Bank, Baltimore, U.S.A.
- PAVESYS (2016). *Sistemas de Gerência de Pavimentos*. Disponível no site: <http://pavesys.com.br/sgpsistemas-de-gerencia-de-pavimentos/>. Acessado em: 27 de julho de 2016.
- PETERSON, D.E., (1987), *Pavement Management Practices*. National Cooperative Research Program. *Synthesis of Highway Practice*, 135. Transportation Research Board, 139 p.
- PINTO, P.R.R., GONÇALVES, F.P., RODRIGUES, R.M., TAFFE JR, E. (2005) *Utilização de Um Sistema de Gerência da Manutenção para Análise de Viabilidade do II Programa CREMA/RS*. 10º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária: Joinville, SC.
- PNLT (2011). *Plano Nacional de Logística e Transportes*. Secretaria de Política Nacional de Transportes. Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível pelo site: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/69403>. Acesso em: 16. Junho. 2012.

- QUEIROZ, C.A.V. (1981) *Performance prediction models for pavement management in Brazil*. Dissertation for Degree of Philosophy. University of Texas. Austin-Texas, USA.
- SENADO (2011) *Portal do Orçamento*. Senado Federal. Disponível pelo site: http://www9.senado.gov.br/portal/page/portal/orcamento_senado/PPA/Elaboracao. Acessado em 11 de setembro de 2011.
- SEVERO, L.E.P.; RUWER, P.; KLEIN R.J.; GONÇALVES, F.P.; CERATTI, J.A.; RODRIGUES, R.M. (2004). *Sistema de gerência de pavimentos do UNIVIAS: aplicações práticas e resultados obtidos*. 35º Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro.
- SILVA, L.A. (2008) *Sistema de Gerência de Pavimentos do DER/SP*. Dissertação de Mestrado. 150f. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- SONCIM, P.S. (2011). *Desenvolvimento de Modelos de Previsão de Desempenho de Pavimentos Asfálticos com base em dados da rede de rodovias do Estado da Bahia*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Paulo. São Carlos.
- SHAHIN, M. Y. (1994) *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- VIEIRA, D.P.C. (2011). *Análise econômica regional de projetos de infraestrutura rodoviária no Brasil*. 113f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- WRA (1999) *Save your country's road: how road maintenance gets transport moving*. World Road Association PIARC I DFID Publication., 1999 Disponível pelo site: <http://rru.worldbank.org/documents/toolkits/highways/pdf/37.pdf> .Acessado em 11 de dezembro de 2011.
- YSHIBA, J. K. (2003) *Modelo de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- ZANCHETTA, F.; FERNANDES JR. J.L. (2012) *Avaliação de campo para implantação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos*. XXVI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. Joinville, Santa Catarina.

3. ARTIGO 2: A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA BRASILEIRA NO CENÁRIO MUNDIAL*

*Esse artigo foi publicado de forma simplificada, intitulado “UM PANORAMA DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA NO BRASIL E AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS”, nos anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, 2015, Ouro Preto, MG.

A MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA BRASILEIRA NO CENÁRIO MUNDIAL

Karine da Rocha Alves, Engenheira Civil

Christine Tessele Nodari, Dra.

Daniel Sergio Presta García, Dr.

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

Os investimentos em infraestrutura impactam na economia por meio de canais diretos – como, por exemplo, a expansão da capacidade de abastecimento ou escoamento da produção e, ainda, canais indiretos – como a melhoria na produtividade total dos fatores propiciando o desenvolvimento econômico e social da nação. Neste artigo buscamos mostrar como o Brasil se encontra no panorama internacional se tratando de infraestrutura de transportes e de que forma conserva seu principal modal de transportes: as rodovias. Os orçamentos reservados para a manutenção das estradas são na maior parte oriundos da gestão pública, concebidos com programas de soluções de curto prazo. Verifica-se que o País já adotou alguns conceitos internacionais na sua gestão da manutenção rodoviária, como os indicadores de desempenho, mas é lamentável que estudos com maiores critérios técnicos e econômicos, geralmente empregados num sistema de pavimentos, ainda não estejam sendo utilizados.

Palavras chaves: Gestão da Manutenção rodoviária. Infraestrutura. Indicadores de Desempenho.

Abstract

Investments in infrastructure impact the economy through direct channels - for example, the expansion of supply capacity or production flow, and also indirect channels - such as the improvement of the overall productivity of the factors considered enabling economic and social development of the nation. In this article we aim to show where Brazil stands in the international scenario when it comes to transport infrastructure and how it carries out the maintenance its main mean of transport: roadways. The budgets earmarked for road maintenance are mostly from public management, designed with short-term solutions programs. It has been noticed that the country has adopted some international concepts in the management of road maintenance, such as performance indicators, but it is regrettable that studies with further technical and economic criteria generally employed in a pavement management system, are not being used yet.

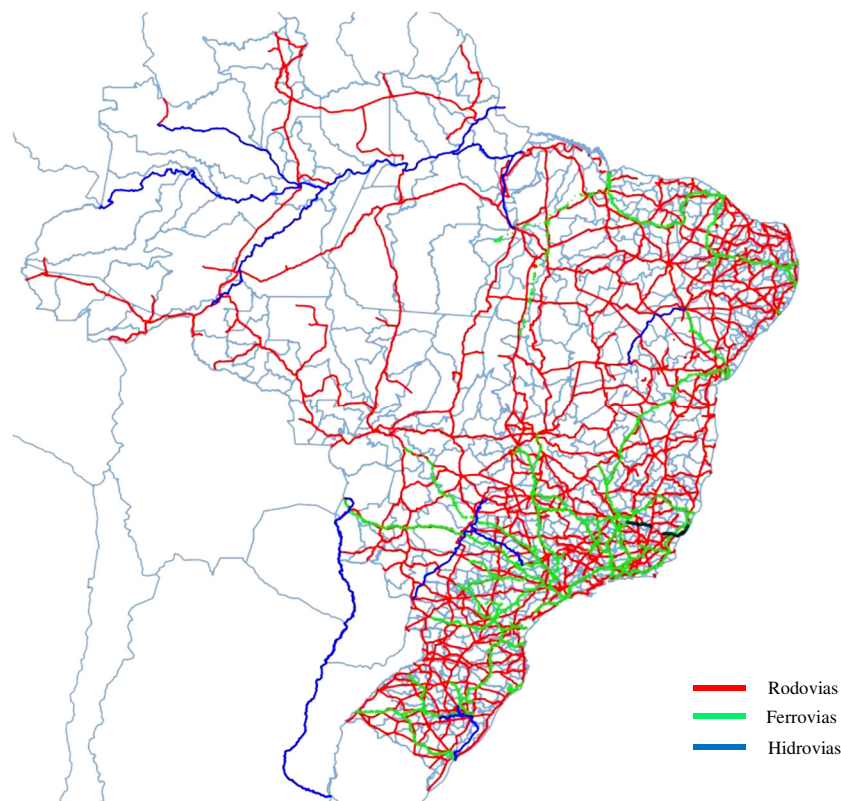
Keywords: Road Maintenance Management. Infrastructure. Performance Indicators.

1. INTRODUÇÃO

Os indicadores econômicos do Brasil permitiriam a sua inclusão ao grupo de países conhecidos como BRICs, em 2001, acrônimo denominado por Jim O’Neill do Banco de Investimentos *Goldman Sachs*. Inicialmente os BRICs foram formados pelo Brasil, Rússia, Índia e China, mas em 2011 a África do Sul também foi incluída, que assim como os demais, foi considerada como um país emergente com indicadores macroeconômicos bons e sustentáveis (BRASIL, 2006; LECHINI, 2012). O início de uma nova posição econômica internacionalmente incentiva a investigação de fatores que podem comprometer a expansão econômica, como a infraestrutura de transportes brasileira.

O cenário do transporte brasileiro é formado por portos e aeroportos ao Sul, interligados por uma razoável rede rodoviária e alguma rede ferroviária, e ao Norte, por uma malha rodoviária e ferroviária precária com poucos aeroportos e portos e um potencial hídrico pouco explorado. A Figura 1 demonstra a distribuição das redes de transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário federais em operação no Brasil, e é notável a maior concentração destas redes ao sul do país. A infraestrutura, segundo estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2006), é essencial na determinação do nível de renda *per capita* de um país, na medida em que há uma relação direta entre a disponibilidade de rodovias pavimentadas e o desenvolvimento humano.

Figura 1 – Mapa das redes federais de transportes no Brasil.



Fonte: EPL (2015).

O trabalho desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2011) obteve resultados que demonstram que o investimento público no setor de transportes provoca efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o desempenho econômico de longo prazo dos Estados brasileiros, além de contribuir potencialmente para a redução da desigualdade de renda entre eles.

Frischtak (2008) aponta com base em estudos do Banco Mundial, que seria necessário que o Brasil investisse em infraestrutura o equivalente a 3% de seu Produto Interno Bruto (PIB) apenas para manter o estoque de capital existente, e de 4% a 6% para alcançar patamares como o da China e de outros países do Leste da Ásia, num período de 20 anos. Neste mesmo trabalho relata que desde 2002 o Brasil tem aplicado taxas de investimentos em infraestrutura em torno de 2% do PIB. Dentre esses investimentos, especificamente para o setor de transportes, no período entre 2001 a 2008, a parcela do PIB brasileiro foi em média 0,51% - percentual abaixo de taxas investidas por outros países da América do Sul, como Chile e Colômbia.

A proposta do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2009) é de uma expressiva mudança na matriz de transportes até o ano 2025, redistribuindo de forma mais equilibrada o transporte rodoviário, ferroviário e aquaviário. Mas enquanto isso ocorre de forma gradual, o transporte de carga ainda é sustentado pelo modal rodoviário, e mesmo que futuramente deixe de ser o principal, continuará existindo um patrimônio composto por rodovias que necessitarão de manutenção.

Os estudos elaborados por Bartholomeu (2008) constataram que pode chegar a 7,8% a redução no consumo médio de combustível e 18,7% a redução no gasto com manutenção de caminhões, para veículos que trafegam em rotas com melhores condições de conservação. Reis (2006) destaca em sua pesquisa que os custos operacionais de um caminhão podem dobrar em relação a utilização de uma rodovia em ótimo estado para outra em péssimo estado de conservação. Estes resultados justificam os elevados custos diretos e indiretos que a deficiência da malha rodoviária nacional acarreta no sistema econômico do País, e reforçam a necessidade de direcionar significativa parcela de recursos para a realização de um amplo programa de melhoria das condições de manutenção das estradas. Pesquisas recentes realizadas por Resende *et al.* (2012) com empresas de faturamento expressivo em relação ao PIB brasileiro, mostraram que 61% consideram “recuperação e ampliação de rodovias” como uma das obras mais importantes a serem realizadas pelo setor público. Em outra pesquisa, a Fundação Dom Cabral (FDC, 2012), divulgou que 54% das empresas elegeram “as más condições das estradas” entre os maiores fatores que pode aumentar seus custos logísticos.

O presente artigo busca demonstrar como a manutenção rodoviária está sendo administrada no Brasil e em outros países, avaliando desta forma se as ações adotadas são positivas e se acompanham as tendências internacionais. O objetivo é apresentado por seções que retratam a posição brasileira em relação as suas rodovias à países desenvolvidos e emergentes, como os gestores brasileiros investem em infraestrutura de transportes e em manutenção rodoviária e as tendências internacionais na área de manutenção rodoviária de maneira que permite a comparação com as desenvolvidas no país.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

O artigo foi desenvolvido através de uma revisão bibliográfica em artigos acadêmicos, periódicos de revistas, informações disponibilizadas pelos órgãos responsáveis pela manutenção rodoviária nacional e internacional através de relatórios e *sites* da *internet*. As seções registram a evolução histórica e situações atuais de dados relativos a manutenção rodoviária no Brasil e de outros países, de forma que se pôde relacionar interferências e influências internacionais na gestão brasileira das rodovias e com isso analisar as situações e extrair argumentos conclusivos.

A etapa inicial é um referencial teórico e descreve e posiciona o Brasil quanto a sua dependência no modal rodoviário e quanto à dimensão do patrimônio que demanda de manutenção em relação a outros países. Na seção subsequente, é apresentado o histórico do financiamento da manutenção rodoviária no Brasil, com o propósito de registrar as origens e disponibilidades das fontes de financiamento e as possíveis consequências na execução da manutenção rodoviária. A última seção e que antecede a conclusão buscou mostrar num panorama nacional e internacional de como se tem exercido a conservação rodoviária, identificando as similaridades e métodos ainda não aplicados.

3. A POSIÇÃO DO BRASIL EM RELAÇÃO A SUA MALHA RODOVIÁRIA

De acordo com o Sistema Nacional de Viação (SNV, 2014) o Brasil dispõe de uma malha rodoviária em torno de 1,7 milhões de km, entre estradas federais, estaduais e municipais, considerada pela *Central Intelligence Agency* (CIA, 2015) a quarta malha rodoviária mais extensa do mundo. Entretanto, somente cerca de 14% das vias existentes são pavimentadas. Este percentual é próximo de alguns países da América do Sul, mas no cenário mundial está

muito distante dos dados dos EUA e alguns países da Europa e Ásia, conforme dados da Tabela 1. Ainda nesta tabela, se verifica que se tratando da relação extensão de rodovias por área territorial, isto é, a densidade de rodovias, o Brasil mantém aproximadamente 184 m de rodovias por km² de área. Esta densidade não está tão distante de outros países da América Latina, mas é bem inferior aos valores de países europeus, EUA, Japão e até mesmo do bloco dos BRICs.

Tabela 1 – Rodovias pavimentadas e extensões em relação à área territorial.

País	% Rodovias Pavimentadas	Extensão total de rodovias por área territorial (m/km ²)	Extensão total de rodovias pavimentadas por área territorial (m/km ²)
EUA	65%	670	438
Japão	80%	3.202	2.575
China	84%	428	360
Índia	54%	1.427	768
África do Sul	21%	613	130
Rússia	72%	75	54
Argentina	30%	83	25
Uruguai	10%	441	44
Chile	23%	103	24
França	100%	1.865	1.865
Alemanha	100%	1.807	1.807
Portugal	86%	900	774
Itália	100%	1.618	1.618
Espanha	100%	1.352	1.352
Reino Unido	100%	1.619	1.619
Brasil	14%	184	25

Fonte: Adaptado de CIA (2015); TRW (2012); SNV (2014).

4. O FINANCIAMENTO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA NO BRASIL

Quanto ao financiamento público para a infraestrutura rodoviária podemos considerar como marco inicial para a regulamentação dos recursos o ano de 1945, quando o governo federal decidiu criar o Fundo Rodoviário Nacional (FRN) que tinha como objetivo financiar os programas de construção, conservação e melhoria das rodovias federais. Este fundo era formado com recursos do Imposto Único sobre Combustíveis e Lubrificantes Líquidos e Gasosos (IUCLLG) (FERREIRA, 1999; LACERDA, 2005).

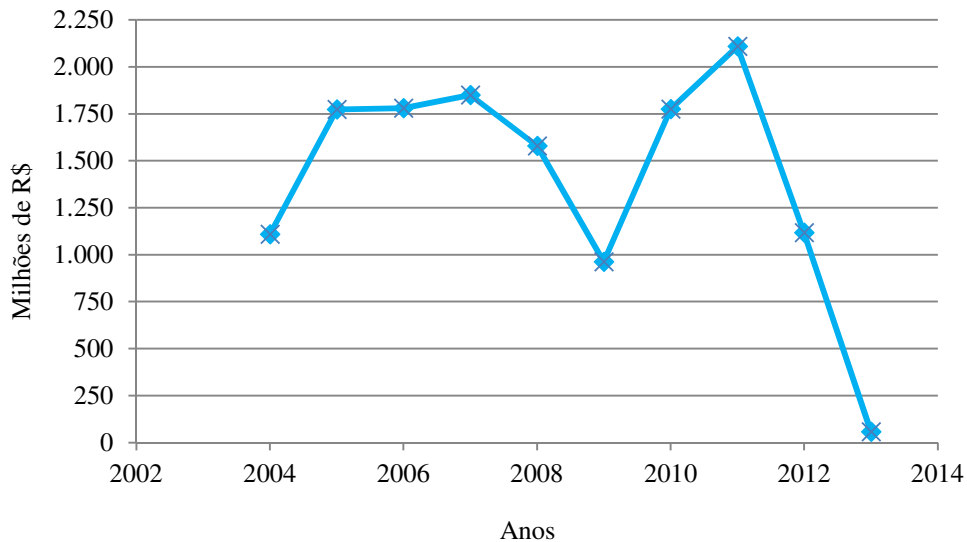
Devido o desvio acentuado do FRN para outros setores, iniciado na década de 1970, e das substituições de alguns impostos e descentralização das arrecadações para os estados instituídos pela Constituição de 1988, os impostos que faziam parte deste fundo foram extintos. O governo numa tentativa de amenizar a situação criou o selo-pedágio que teve que ser abandonado devido à baixa arrecadação e os elevados custos de cobrança.

Os gastos anuais ficaram dependendo de aprovação pelo Congresso Nacional, estando assim sujeitos às interferências políticas. A estratégia do governo, face às restrições de recursos, foi alocar a maioria dos investimentos nas rodovias que apresentavam condições ruins ou péssimas. O resultado foi que as rodovias em estado regular ou superior a isso (bom ou ótimo), pela quase total falta de manutenção, se deterioraram ficando na sua maioria em condições regular. O fato é que diminuiu o percentual das rodovias intransitável, mas aumentou o percentual das rodovias em condições menos seguras.

A partir de 1990, podemos destacar duas soluções adotadas pelo governo federal para o financiamento das rodovias: a concessão das rodovias com alta densidade de tráfego para operadoras privadas e a recriação da vinculação da Cide-Combustíveis, instituída em 2001. A Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), incidente sobre a importação e comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados e álcool combustível, e tem como um de seus objetivos financiar programas de infraestrutura de transportes.

A legislação que regula a CIDE prevê repasse aos Estados e ao Distrito Federal, que inicialmente deveriam representar de 25% e em alguns períodos até 29% do montante arrecadado do tributo. Entretanto no período de 2008 e 2009 houve uma queda na arrecadação em consequência do governo ter reduzido a alíquota em resposta à crise econômica internacional. Desde o final do ano de 2011, o governo com o objetivo de amenizar as flutuações dos preços internacionais do petróleo, e garantir a estabilização dos preços dos combustíveis, adotou reduções de significativas nas alíquotas da CIDE sobre a gasolina e o óleo diesel. Tais reduções refletiram de forma decrescente aos valores recebidos pelos Estados, como podem confirmar na Figura 2, obtidos com o Ministério dos Transportes (MT,2014). Observa-se que em 2013, o recurso repassado é irrisório em função do Decreto 7.764 de 22/06/2012 que zerou as alíquotas de cobrança da Cide para a maioria dos combustíveis.

Figura 2 – Valores repassados da CIDE aos Estados e Distrito Federal (2004- 2013).

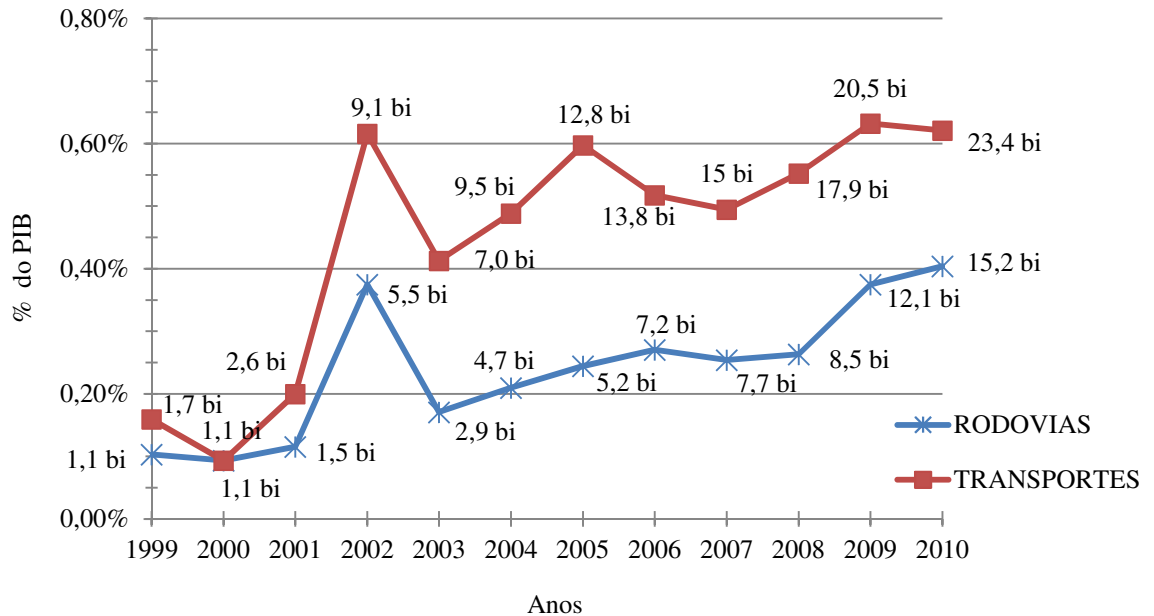


Fonte: Adaptação de MT (2014).

Ao longo dos últimos anos, os investimentos em transportes experimentaram um significativo avanço. Considerando o período de 2003 a 2010, os investimentos cresceram em termos reais, mais de 200%, passando de R\$ 7,0 bilhões para cerca de R\$ 23,4 bilhões em 2010, conforme observa-se no gráfico da Figura 3 (IPEA, 2010; IPEA, 2012a; IBGE, 2011). Este desempenho está muito atrelado aos investimentos no modal rodoviário, que passaram de R\$ 2,9 bilhões para mais de R\$ 15 bilhões no mesmo período. Assim, a retomada dos investimentos públicos, observados a partir de 2003, reflete a decisão do governo de assumir uma postura ativa na melhoria da infraestrutura do transporte rodoviário no País, em busca de reduzir os gargalos para o desenvolvimento.

No entanto, apesar do significativo crescimento de mais de 300% no volume de investimentos em rodovias entre 2003 e 2010, ressaltar-se que ainda são insuficientes para atender às fortes demandas identificadas, tendo em vista que em 2010, corresponderam a apenas 0,42% do PIB. Especificamente quanto à manutenção rodoviária, o governo federal em seu orçamento tem reservado nos últimos dez anos uma média de 0,10% do PIB. O IPEA (2012b), indica que, o volume requerido de investimentos no modal rodoviário, situa-se em torno de 2% do PIB.

Figura 3 – Participação no PIB dos investimentos em transportes e rodovias (público e privado).



Fonte: Adaptado de IPEA (2010); IPEA (2012a); IBGE (2011).

A significativa inclinação da curva a partir de 2008 do gráfico da Figura 3 se deve a dois fatos principais. Os investimentos do governo federal se tornaram ainda mais robustos no modal rodoviário, refletindo os primeiros resultados do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). O crescimento dos investimentos privados se deve às novas concessões de trechos de rodovias federais e paulistas, cujos contratos requerem maior volume de recursos financeiros nos primeiros anos de execução.

É importante destacar que os dados de investimentos públicos em rodovias dizem respeito apenas à malha federal sob sua administração. Isto é, não estão computados os investimentos dos Estados nas suas rodovias. Os dados de investimentos privados em rodovias referem-se às estradas federais e estaduais que foram concedidas (aproximadamente 15 mil km). Mesmo com estas observações, é de se esperar que o investimento público em rodovias supere o investimento privado nas estradas concedidas, uma vez que a malha pública federal é mais de oito vezes maior que a malha total concedida (SNV, 2014; ANTT, 2015).

Dependendo da situação econômica em que o país se encontra, este pode recorrer aos fundos internacionais para financiar investimentos de infraestrutura. Senna e Michel (2007) apresentam estes fundos agrupados nas seguintes categorias:

- Empréstimos de consórcios de bancos;
- Mercados internacionais de capitais (*bonds*, ações e outros);
- Empréstimos de assistência e *soft loans* de outros governos;
- *Soft loans*, *grants* e garantias de instituições internacionais (*World Bank* e outros.);
- Assistência provida por organizações internacionais (diversos fundos das Nações Unidas e da União Europeia).

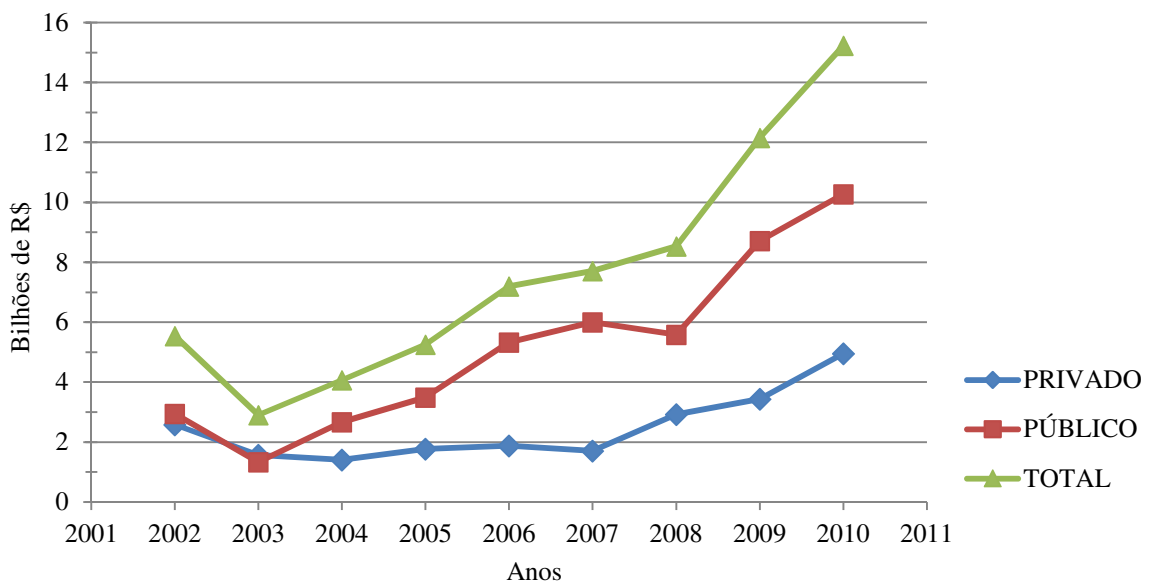
Observando os investimentos públicos para a manutenção rodoviária federal, conforme os dados disponibilizados pelo Ministério dos Transportes (MT) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), nos últimos anos houve um aumento considerável nestes investimentos por km, bem como da abrangência da manutenção em relação a malha implantada, com e sem pavimento: em 2003 foram mais de 53% dos quilômetros contemplados por atividades de manutenção e em 2011 essa mesma relação atingiu em torno de 70% (CGU, 2011; DNIT, 2011; MT, 2012). Desta forma as condições da malha gradativamente veem apresentando melhores índices. Comparando os resultados dos últimos 10 anos, no ano de 2004 eram 47% em mau estado, 36% em estado regular e 17% em boas condições; no ano de 2014: 16% em mau estado, 24% em estado regular e 60% em bom estado. Observa-se uma inversão dos índices entre os considerados em bom estado para mau estado (DNIT, 2015a).

As concessões de rodovias são realizadas tanto pela União quanto pelos estados. No âmbito federal alguns estados tiveram condições de conceder a iniciativa privada rodovias federais devido a Lei 9.277/96 que autorizou a União a delegar aos estados a administração e a exploração de trechos de rodovias. As rodovias federais foram delegadas aos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (LACERDA, 2005). O Programa de Concessão de Rodovias Federais abrange 11.191,1 Km de rodovias, desdobrado em concessões promovidas pelo MT, pelos governos estaduais, mediante delegações com base na Lei n.º 9.277/96, e pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2015). Recentemente o MT anunciou chamamento público que autoriza empresas privadas a promoverem estudos técnicos e de viabilidade visando a concessão de 4.371 km e somam 31,2 bilhões, que fazem parte da nova parte do Programa de Investimento em Logística pelo Governo Federal (MT, 2015).

Inicialmente as concessões de serviços ou obras públicas eram somente regidas pela Lei 8.987/1995. Tendo em vista a dificuldade estatal em prestar determinados serviços essenciais para o desenvolvimento nacional, relacionada a falta de disponibilidade de recursos financeiros por parte da Administração Pública, considerando a maior eficiência da gestão do setor privado, e ainda, devida a incapacidade de remuneração das concessionárias pela simples exploração da atividade, a legislação federal foi revista e foram instituídas as Parcerias Públicas-Privadas (PPPs) através da Lei nº 11.079/2004. Neste cenário, criou-se a modalidade patrocinada – concessão de serviço público, que pode incluir a exploração de obras públicas, envolvendo a tarifa tradicionalmente paga pelos usuários à concessionária bem como, a contraprestação pecuniária estatal (RIGOLIN, 2008).

O gráfico da Figura 4 demonstra a relativa estabilidade dos investimentos privados ao longo dos anos 2002 a 2007, representando, em média, R\$ 1,8 bilhão ao ano. Este comportamento reflete a estabilização das aplicações financeiras na manutenção dos trechos concedidos na segunda metade da década de 1990, que representaram a primeira fase do programa nacional de concessões de rodovias federais e estaduais. A partir de 2008, o crescimento dos investimentos privados se deve à segunda etapa dos programas de concessão de trechos de rodovias federais e paulistas, cujos contratos requerem maior volume de recursos financeiros nos primeiros anos de execução. No período entre 2002 e 2010, estas inversões totalizaram cerca de R\$ 20,6 bilhões, contra cerca de R\$ 46,3 bilhões de investimentos públicos (IPEA, 2012).

Figura 4 – Investimentos em rodovias no Brasil (2002 – 2010).



Fonte: IPEA (2012).

No entanto, o financiamento a projetos de infraestrutura sempre foi condicionado às expectativas de viabilidade econômica-financeira. Desta forma, as concessões brasileiras de rodovias licitadas utilizam como base o padrão *project financing*. Neste modelo de financiamento de projetos, os critérios de análise de viabilidade econômica se baseiam na capacidade do projeto de oferecer garantias de retorno em nível suficiente e adequado para proporcionar a recuperação dos investimentos realizados, sejam estes com recursos próprios dos empreendedores, sejam especialmente com recursos de agentes financiadores.

O IPEA (IPEA, 2012), através de estudos com outras instituições no Brasil, estimou que o setor privado teria interesse de até 15% da malha rodoviária pavimentada nacional, por conta do fluxo de veículos. Portanto, os investimentos em rodovias necessitarão majoritariamente de recursos públicos para investimento corrente e novos investimentos em longo prazo.

5. AS FORMAS DE EXECUÇÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

De acordo com Chen *et al.* (2010) a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) definiu a manutenção como de rotina quando os trabalhos de manutenção são planejados e executados de forma rotineira para manter e conservar o sistema da rodovia ou para restaurar condições específicas visando um nível adequado de serviço. Quanto à manutenção preventiva, pode ser definida como uma estratégia planejada de tratamentos com custo eficaz para um sistema viário existente com o propósito de preservar este sistema, retardar a deterioração futura e manter ou melhorar as condições funcionais sem aumentar significativamente a capacidade estrutural (CHEN *et al.*, 2010). Em se tratando dos conceitos de conservação o DNIT, em seus manuais de conservação rodoviária e restauração do pavimento (DNIT, 2005a; 2006a), adota terminologias similares como podemos verificar:

- Conservação Corretiva Rotineira: é o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, propiciando conforto e segurança aos usuários.

- Conservação Preventiva Periódica: é o conjunto de operações de conservação, realizados periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos. Trata-se de tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima.

- Conservação de Emergência: é o conjunto de operações, que com o serviço ou obras necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estrutura da rodovia, que

tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionado à interrupção do tráfego da rodovia.

- Restauração: é o conjunto de operações destinado a restabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e restabelecer, na íntegra nas características técnicas originais. Envolve, portanto um conjunto de medidas destinadas a adaptar a rodovia, de uma forma permanente, às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando seu período de vida.

- Melhoramentos: é o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente, características novas, ou modificam as características existentes.

- Reconstrução: consiste na remoção parcial ou total da espessura do pavimento podendo eventualmente atingir o subleito, e na posterior execução adequada de novas camadas estruturais, cujas naturezas, constituições e especificações devem guardar consonância com os atributos correspondentes das áreas adjacentes do pavimento remanescente.

A literatura não apresenta uma classificação e terminologia única para as maneiras da execução da manutenção rodoviária, entretanto a primeira diferenciação é a execução do tipo *in-house* - interna ou ainda considerada em Chen *et al.* (2010) *apud* Pakkala como modelo tradicional, a qual é, executada por profissionais contratados pelo departamento responsável pela manutenção da rodovia e equipamentos próprios dessa administração. Muitos departamentos de transportes dos EUA, algumas províncias do Canadá, alguns estados na Austrália e vários países da Europa ainda mantêm uma grande porcentagem de sua própria força de trabalho para executar várias atividades de manutenção rotineira (PAKKALA, 2007).

A outra forma seria através de *outsourcing*, isto é, a terceirização através da contratação de empresas para a execução dos serviços. No contexto da terceirização podemos destacar a classificação apresentada por Chen *et al.* (2010), que reuniu basicamente 14 tipos de métodos de distribuição de contratos, implantados por vários países como Austrália, Canadá, Inglaterra, Estónia, Finlândia, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Suécia e Estados Unidos. Analisando a descrição de cada método, foi possível identificá-los e reuni-los em três grupos:

- Métodos de Contratos de Manutenção com Execução Terceirizada: trata-se de quando uma simples ou especial atividade de manutenção rodoviária é terceirizada de forma isolada ou em conjunto (várias atividades). Os contratos podem se diferenciar em função da duração de prazo, forma de pagamento, critério de medição dos serviços e processos de seleção ou licitação

da empresa que irá executar. Dentre estes métodos, Pakkala (2007) considerou inovador o método Alliance, também conhecido como E-MAC e utilizado no Reino Unido, onde a contratada é selecionada com base inteiramente em qualificações e, posteriormente, um preço alvo é determinado. O contratado tem a oportunidade de ganhar ou perder 15% do valor do contrato em função do desempenho.

- Método de Contratos de Manutenção com Execução Mista: é mantida uma porcentagem de força de trabalho *in-house* para desenvolver as atividades de manutenção rodoviária, isolada ou em conjunto, e as demais são realizadas por uma contratada através de licitação.

- Método de Contratos de Restauração e Manutenção (CREMA): o contrato combina a restauração e a manutenção da estrada. Exigem empreiteiros para a reabilitação e, posteriormente, os mesmos devem manter uma rede de estradas sob um contrato de montante fixo por um período total de cinco anos. Este modelo teve origem na Argentina e é atualmente utilizado amplamente na América Latina.

Os contratos de manutenção também variam em função do tipo de pagamento e das especificações técnicas (caderno de encargos). Quanto ao tipo de pagamento os contratos podem ser por preço unitário, montante fixo ou preço global, custo mais taxa (*cost plus*) ou um modelo híbrido que combine mais de um tipo. Se tratando das especificações podemos encontrar os modelos: tradicional (método-base), por desempenho, por garantia ou modelos híbridos (CHEN *et al.*, 2010).

No método tradicional (método-base) os empreiteiros normalmente são pagos pela quantidade de trabalho e não pela qualidade do trabalho fornecido. Neste tipo de especificação o departamento ou agência de rodovias descreve os métodos, materiais e quantidades a ser utilizadas, sendo o pagamento com base na quantidade realizada. As especificações baseadas no desempenho, o órgão contratante define uma meta de resultado e o contratado define qual a melhor forma para alcançar o resultado desejado. O pagamento em contratos com essas especificações é em função do padrão mínimo atingido com opções de sanções e recompensas. Os contratos do tipo por garantia, também exige desempenho, entretanto o contratado tem que justificar os serviços por um tempo especificado e o próprio presta uma garantia de longo prazo sobre os seus trabalhos (CHEN *et al.*, 2010).

Os países adotam mais de um método de contratação para a manutenção de forma simultânea, de acordo como a autoridade rodoviária deseja ou acredita ser vantajoso executar e quais podem ser eficientemente geridas pelo setor privado. É notável a troca de experiências entre os países, que tendem a adotar métodos com êxito adaptando os a sua cultura, regras internas e sistema jurídico (PAKKALA, 2010).

Observa-se que as características climáticas contribuem nas escolhas e combinações dos tipos de contrato a ser empregado. Em países de clima frio como no Norte da Europa e Canadá, optam por contratos de manutenção de rotina, pois atividades de manutenção periódica como, por exemplo, o serviço de recapeamento seria difícil conciliar onde os períodos de inverno podem atingir de 6 a 8 meses ao ano. Os contratos para recapeamento geralmente nestes locais são executados por contratos específicos para esse fim (PAKKALA, 2010). Nos países de clima quentes os contratos do tipo integrados que envolvem manutenção rotineira e periódica, são bem sucedidos pois as condições climáticas são mais brandas e melhores definidas durante o ano, proporcionando que o contratado possa programar e executar com maior flexibilidade as diversas atividades de manutenção (PAKKALA, 2010).

Pakkala (2007) observou que há uma tendência nos países desenvolvidos de ampliar a duração dos contratos de manutenção, sendo que a maioria está adotando prazos de 7 a 10 anos. Nesta mesma pesquisa constatou que houve uma evolução para utilização por contratos por desempenho e pagos por montante fixo ou híbrido (combinando montante fixo e preço unitário).

No âmbito do financiamento privado, uma forma alternativa que inclui a manutenção, são os contratos *Build-Operate-Transfer* (BOT), executados por uma concessionária, que usualmente é escolhida em um processo licitatório, que constrói, opera e transfere ao governo no final do período de concessão. O modelo BOT é utilizado em vários países com diversas variações, onde o pagamento é direto e pago pelo usuário, mas há casos da autoridade pública remunerar o concessionário com base no tráfego da rodovia, como o modelo *Design-Build-Finance-Operate* (DBFO) (SENNÁ, 2006).

Em relação à manutenção das rodovias federais brasileiras se sabe que até 1970 o extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) utilizava pessoal e equipamentos próprios, isto é, do tipo *in-house*. A partir desta data o mesmo departamento iniciou a terceirização da manutenção rodoviária com contratos do tipo *cost plus*, onde os empreiteiros

eram remunerados por hora homem, equipamento-hora e os materiais, acrescidos por uma taxa para cobrir lucros e despesas gerais.

Os contratos do tipo *cost plus* foram substituídos por contratos por preços unitários seguindo uma recomendação do Banco Mundial. O departamento rodoviário criou tabela de composições de serviços que incluíam equipamentos, materiais e mão de obra. Os contratos eram por um período de um ano renováveis até um máximo de cinco anos, o que contribuiu na participação de empresas de construção capacitadas e experientes, incentivando a execução confiável dos contratos e tempo para a amortização de equipamentos adquiridos pelas empreiteiras (MIQUEL e CONDRON, 1991).

Os contratos por desempenho foram introduzidos no Brasil ao no final do século passado, com os contratos do tipo CREMA (Contratos de Restauração e Manutenção), devido às exigências do Banco Mundial ao fornecer empréstimos tanto para o governo federal bem como para alguns estados brasileiros. Fundamentados em experiências internacionais os contratos por desempenho no Brasil seguiram três princípios básicos:

- Promover a racionalização e gerar economias de escalas: os projetos foram padronizados por meio de soluções técnicas para a reabilitação de pavimentos derivadas de uma norma específica adotada na ocasião (um catálogo definindo a solução padrão para cada situação da estrada). Os contratos contemplam tanto a reabilitação como a manutenção de rotina, cobrindo extensões maiores do que os contratos por preços unitários na ordem de 450 a 600 km. O prazo de duração foi aumentado para 05 (cinco) anos e houve a padronização de documentos para otimizar o processo licitatório.

- Contribuir para aumentar a responsabilização das empreiteiras: a manutenção de rotina tem que ser executada permanentemente em toda a extensão e duração do contrato e os pagamentos dos serviços estão vinculados ao desempenho (medidos por indicadores especialmente concebidos). As empreiteiras selecionadas por processo de licitação que incluía especificações técnicas baseadas num projeto básico eram responsáveis pela elaboração do projeto executivo a ser aprovado pela administração.

- Promover o aumento de credibilidade do setor: a gestão de contratos em geral era facilitada e aprimorada ao longo de todos os estágios do ciclo do projeto através de procedimentos racionalizados e simplificados. Os riscos de disputas entre as empresas proponentes eram reduzidos devido o maior envolvimento e responsabilidades das empreiteiras durante a realização do contrato. Houve aprimoramento do monitoramento dos contratos de manutenção, através da elaboração e publicação de relatórios regulares que demonstravam o progresso físico e financeiro.

O Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD, 2010) considera satisfatória a execução dos contratos CREMA em comparação aos contratos tradicionais de manutenção de rotina e periódica. No seu estudo que envolveu contratos CREMA durante dez anos, em rodovias federais e estaduais, destaca como aspectos positivos destes contratos:

- um alto nível de competição no estágio de licitação com uma média de 14 concorrentes por licitação;
- média de desconto na ordem de 21% em relação as estimativas de projeto de engenharia. Este desconto é superior aos descontos dos contratos tradicionais de reabilitação na média de 16,5% no mesmo período;
- os custos unitários de obras de reabilitação no CREMA tem sido 25% a 35% inferiores da reabilitação tradicional no mesmo período e os custos unitários de manutenção tem sido 34% inferiores aos custos unitários da manutenção tradicional;
- a condição das estradas que mantiveram contrato CREMA não foram inferiores às que tiveram contratos tradicionais. As medidas do Índice de Irregularidade Internacional (IRI) são semelhantes e consideradas boas (IRI na ordem de 3,00);
- comparando o índice brasileiro Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) que representa o somatório dos produtos da frequência de defeitos como trincas, deformações permanentes, buracos e remendos por pesos atribuídos para cada tipo de defeito da rodovia, os contratos tipo CREMA apresentam resultados melhores do que os contratos tradicionais.

O governo federal, entre os períodos de 2002 e 2003, testou em 10% da malha federal uma nova forma de contrato de CREMA simplificado, inicialmente chamado de Creminha, e posteriormente de Programa Integrado de Revitalização (PIR-IV). O DNIT (2005b), através da Instrução de Serviço/DG nº 05 de 09 de dezembro de 2005, estabeleceu que o departamento deveria consolidar suas atividades de conservação e restauração através de contratos de gestão por 07 (sete) anos contínuos, denominado Programa CREMA, e subdividido em duas fases: CREMA 1ª Etapa e CREMA 2ª Etapa.

Como as condições de tráfego variam numa mesma rodovia de uma seção à outra, diferentes conjuntos de parâmetros geram custos mínimos para a manutenção. Buscando comparar os parâmetros que estão sendo utilizados no Brasil para contratos por desempenho, como o do tipo CREMA, o Quadro 1 demonstra os parâmetros já utilizados por outros países.

Quadro 1 – Indicadores de desempenho em contratos de manutenção utilizados no Brasil e em outros países.

Elemento de referência	Indicador	Metas e Padrões de Desempenho
Pista de Rolamento	Irregularidade longitudinal	Para trechos pavimentados com CBUQ: $IRI \leq 2,5$ m/km em 95% das medidas obtidas e, $IRI \leq 3,0$ m/km em 100% das medidas obtidas (Brasil – CREMA 2ª Etapa) $IRI < 2,8$ m/km (Uruguai) $IRI < 3,3$ m/km (Argentina) $IRI < 2,6$ m/km (EUA: Virgínia e DC)
	Buracos	A partir do 6º mês do contrato não são admitidos buracos, de quaisquer dimensões (Brasil - CREMA 2ª Etapa) Nenhum buraco é permitido (<i>World Bank</i> , Argentina, Uruguai, Chile) Nenhum buraco >76 mm x 101 mm x 25 mm (EUA: Virgínia e DC) < 10 buracos com diâmetro > 100 mm em qualquer 5 km da faixa principal da rodovia (Nova Zelândia)
	Remendos	Devem ser quadrados e retangular, nivelados, com materiais semelhantes, sem fissuras mais largas de 3 mm (<i>World Bank</i>) Deve ser $< 1,27$ cm acima ou abaixo do nível do pavimento ao redor (EUA: Virgínia e DC)
	Trincamento	A partir da recuperação, não são admitidas, trincas Classes 2 e 3 (Brasil - CREMA 2ª Etapa) Ausência de trincas com largura > 3 mm. Para qualquer seção de 50 m do pavimento, a área trincada não pode ser $> 10\%$ da área de superfície do pavimento (<i>World Bank</i>) Nenhuma rachadura não selada com $> 6,35$ mm em 95% da rodovia. (EUA: Virgínia e D.C.) Todas as trincas devem estar seladas (Uruguai, Chile) Trincas devem ser $< 30\%$ para todas as seções e $< 20\%$ para as seções reabilitadas. Todas as trincas devem estar seladas (Argentina)
	Trilhas de roda	A partir da recuperação, não são admitidas flechas nas trilhas de rodas maiores que 7 mm em CBUQ e 10 mm em TSD (Brasil - CREMA 2ª Etapa) Nenhum afundamento > 15 mm. Trilhas < 10 mm não devem estar presente em $> 5\%$ da estrada (<i>World Bank</i>) < 12 mm (Argentina) < 10 mm (Uruguai) < 10 mm (Chile) $< 12,7$ mm (EUA: Virgínia e DC) < 5 m de extensão em qualquer 100 m de pista, com profundidade >30 mm (Nova Zelândia)
	Desagregação	Não devem existir áreas desagregadas (<i>World Bank</i>) A partir da recuperação não são admitidas desagregações na camada de revestimento (Brasil - CREMA 2ª Etapa) A área desagregada deve ser $< 4,5$ m ² para 176 m de seção (EUA: Virgínia e DC) Não são permitidas áreas desagregadas (Argentina)

Continuação Quadro 1 – Indicadores de desempenho em contratos de manutenção utilizados no Brasil e em outros países.

Acostamento	Desnível do Acostamento em relação a pista	< 15 mm (<i>World Bank</i>) < 30 mm (Argentina)
	Pavimento	Trincas seladas, sem deformações e erosões e livre de buracos (<i>World Bank</i>) A partir do 6º mês do contrato não são admitidos buracos e deformações graves nos acostamentos (Brasil - CREMA 2ª Etapa) Trincas seladas, livres de buracos e alinhamento vertical com o pavimento < 1 cm (Chile, Uruguai)
Drenagem	Existência e Funcionamento da Drenagem	A partir do 6º mês do contrato e da restauração, os dispositivos de drenagem presentes devem estar limpos, caídos e em adequadas condições de funcionamento. Não são admitidos pontos de acumulação ou travessias de água na pista. (Brasil - CREMA 2ª Etapa)
Dispositivos e Obras Complementares	Existência e Funcionamento de defensas, Barreiras e Guarda Corpos	A partir do final do 6º mês devem estar limpos, caídos e em adequadas condições de funcionamento (Brasil - CREMA 2ª Etapa) 95% dos guarda corpos/barreiras livres de defeitos estruturais para cada 9,3 m² de seção. Todos os guarda corpos/barreiras com postes, blocos de amortecimentos/ espaçadores, painéis e peças de fixação e conexão em boas condições e no local. Quando feitos de cabos de aço, estes devem estar tensionados e devidamente protegidos de acordo com as normas (EUA: DC)
Faixa de domínio	Altura da Vegetação	Altura da vegetação (com exceção das árvores) deve ser < 20 cm em seções em corte e < 1,0 m em seções em aterro. A vegetação não deve prejudicar a drenagem (<i>World Bank</i>) A partir do 3º mês do contrato, a altura da vegetação na faixa de 4 m de largura, h ≤ 30 cm com acabamento manual. (Brasil - CREMA 2ª Etapa) < 15 cm de altura (Argentina, Uruguai)

Fonte: Adaptado TRB (2009); DNIT (2012a).

Nota: Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), Tratamento Superficial Duplo (TSD), *District of Columbia* (DC).

Constatou-se que os indicadores brasileiros não destoam do que vem sendo aplicado em outros países, não obstante, se repara que as especificações brasileiras estão preparadas caso seja necessário tenham que solicitar recursos ao Banco Mundial (*World Bank*). Os parâmetros de aceitação e desempenho exigidos pelos contratantes, incluindo o Brasil, conseqüentemente obriga que as empresas executoras tenham equipe técnica preparada e equipamentos que possam atender as exigências, renovando gradativamente a qualidade técnica do setor.

Os contratos de CREMA 1ª Etapa têm duração de 02 (dois) anos e são uma nova versão dos contratos anteriores denominados PIR-IV. No primeiro ano a contratada deve executar a recuperação funcional do pavimento, serviços de manutenção de pista e acostamentos e serviços de conservação da faixa de domínio. Os pagamentos são feitos por meio das medições dos

serviços durante as fases de recuperação e no desembolso dos serviços de manutenção (conjunto de padrões de desempenho através de indicadores). As extensões contratuais do Programa CREMA 1ª Etapa são de 130 a 160 km (DNIT, 2011b).

Os contratos do tipo CREMA 2ª Etapa são os que mais se assemelham com os princípios e características do CREMA na sua íntegra, com duração de 05 (cinco) anos. São contratos que envolvem serviços de manutenção assim como os de 1ª Etapa, mas com a inclusão da restauração estrutural do pavimento. Esses serviços de restauração devem ser executados nos 03 (três) primeiros anos, e os de manutenção da pista, acostamentos e faixa de domínio por todo o período do contrato. O projeto é desenvolvido através de um catálogo de soluções técnicas definidas a partir: do tráfego (VDM-Volume Diário Médio), da deflexão medida por *Falling Weight Deflections* (FWD), do Índice de Irregularidade Internacional (IRI), do Índice de Gravidade Global (IGG) e do Número N estimado para o período de projeto de 10 anos (DNIT, 2006b).

A partir de 2012, o DNIT extinguiu a nomenclatura CREMA 1ª e 2ª Etapa, chamando somente Programa CREMA, podendo contemplar tanto funções funcionais como estruturais, dependendo da necessidade da rodovia, assim como determinar os prazos de execução (DNIT, 2012b). Além dos contratos do Programa CREMA, o DNIT (2015b) também utiliza outros tipos de contratos de manutenção ou restauração rodoviária, como:

- Restauração de pista em contratos de duplicação: essa modalidade de restauração aplica-se a trechos de rodovias que se encontram em obras de duplicação. A pista antiga, utilizada também como rota de serviço, é recuperada ao final da obra.

- Restauração tradicional: são contratos que preveem intervenções de restauração com projetos específicos de redimensionamento do pavimento, admitindo correções geométricas na pista existente. Ocorrem geralmente quando o pavimento da rodovia apresenta um desempenho próximo de sua condição limite permissível, no qual o processo de deterioração tenderá a crescer de forma acentuada, vindo a tornar antieconômica a operação da rodovia, dentro do enfoque de otimização do custo total do transporte.

- Conservação tradicional: as contratadas devem executar conservação preventiva e rotineira, sendo que a referência é um orçamento elaborado a partir de um Plano Anual de Trabalho e Orçamento (PATO). Os serviços de conservação são quantificados pelo departamento e definido um fator multiplicador denominado nível de esforço para cada serviço. Estes níveis de esforço variam entre três níveis de condição: mínima, média e máxima, e representam a frequência anual que a atividade de rotina irá ocorrer.

Atualmente, o DNIT não utiliza a execução do tipo *in-house* para a execução da manutenção rodoviária, sendo assim terceiriza os serviços através de empresas habilitadas por processos licitatórios. Em 2014 o DNIT manteve em execução 30.325,8 km de contratos CREMA (1ª e 2ª Etapa), 11.523,6 km de conservação tradicional, 2.520,4 km de restauração e 2.073,7 km de restauração de pista em contratos de duplicação (DNIT, 2015b). No estado do Rio Grande do Sul, ao final do ano de 2015, os trechos com contratos tipo CREMA também eram os predominantes: com 57,7% da extensão rodoviária federal, os de conservação tradicional abrangiam 29,5% e nenhuma restauração tradicional ou nas duplicações em andamento, e 12,8% sem contrato de manutenção (DNIT, 2015c).

6. CONCLUSÃO

O Brasil apresenta uma malha expressiva no contexto mundial, caracterizado pelo modal rodoviário como o principal meio de transporte de carga, entretanto o setor público iniciou uma política de equilibrar a matriz de transportes, desenvolvendo projetos que podem favorecer a utilização dos outros modais. Comparado com outros países desenvolvidos e com grande área territorial, como os Estados Unidos, se verifica que a densidade de rodovias é mais de três vezes maior que no Brasil.

Os investimentos para a área rodoviária no Brasil ainda dependem e muito dos orçamentos públicos, e há pouca participação da iniciativa privada tanto na área de construção, bem como na manutenção das estradas. Mesmo aumentando os investimentos na área de infraestrutura de transportes, estudos apontam que os valores ainda não são os ideais economicamente, tendo em vista as consequências com a falta ou precariedade da infraestrutura existente.

O histórico de como a manutenção rodoviária no Brasil está sendo administrada, evidência que ainda há uma parte de contratos do tipo conservação tradicional, apesar das vantagens já apontadas para os contratos que utilizam indicadores de desempenho, como o do tipo CREMA. Há métodos de contratos aplicados por outros países que também poderiam ser adotados no Brasil, como os que gratificam ou retêm uma parcela de valor dependendo do desempenho da contratada. Devido à realidade brasileira com orçamentos precários, é essencial a aplicação de avaliações técnicas e econômicas para definir as intervenções pretendidas e as prioridades para

a manutenção de uma malha rodoviária, as quais podem ser obtidas utilizando um sistema de gerência de pavimentos.

O DNIT, para a manutenção de sua malha, não dispõe mais de estrutura para a execução por força de trabalho próprio, dependendo totalmente da terceirização, isto é, da iniciativa privada. Desta forma, o Departamento pode se concentrar na gestão dos contratos com as empreiteiras e avaliar o desempenho dos mesmos, bem como, planejar a aplicação dos investimentos disponíveis e estudar a adoção de novas modalidades para a execução da manutenção rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT (2015). *Agencia Nacional de Transportes Terrestres. Disponível pelo site* : http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/5261/Concessoes_Rodoviaras.html. Acesso em 14 de Maio de 2015.
- BARTHOLOMEU, D. B., Filho, J. V. C. (2008). *Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso*. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 46, nº 3, p. 703 - 738, Piracicaba.
- BIRD (2010). *Performance Based Contracts in the Road Sector. Towards Improved Efficiency in the Management of Maintenance and Rehabilitation. Brazil's Experience*. The World Bank, Washington, D.C.
- BRASIL (2006). *Informações sobre os Brics*. Site do Ministério das Relações Exteriores. Disponível em : http://brics.itamaraty.gov.br/pt_br/sobre-o-brics/informacao-sobre-o-brics
- CIA (2015) *World Factbook*. Disponível pelo site: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>. Acesso em: 08. Maio. 2015
- CGU (2011) *Relatório de Auditoria Anual de Contas*. Controladoria Geral da União. Presidência da República. Brasília. Disponível pelo site: <http://www.dnit.gov.br/institucional/processos-de-contas-aneais>. Acesso em: 08. Dezembro. 2012
- CHEN, J., MENCHES, C. L., KHWAJA, N. (2010). *Innovative Contracting Strategies for Transportation Maintenance Outsourcing*. Transportation Research Board., Washington
- DNIT (2005a). *Manual de Conservação Rodoviária*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro
- DNIT (2005b) *Instrução de Serviço nº 05 de 09/12/2005*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2005/2005>. Acesso em: 15. Set.2015.
- DNIT (2006a). *Manual de Restauração do Pavimento*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro
- DNIT (2006b). *Instrução de Serviço/DG nº 15 de 20/02/2006*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2006/2006>. Acessado em: 15.Set. 2015.
- DNIT (2011a) *Relatório de Gestão do Exercício de 2011*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/institucional/relatorio-de-gestao>.
- DNIT (2011b). *Instrução de Serviço/DG nº 16 de 10/08/2011*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2011/2011>. Acessado em: 15.Set. 2015.
- DNIT (2012a) *Instrução de Serviço/DG nº 01 de 17/02/2012*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Boletim Administrativo Nº 007 de 13 a 17/02/12. Ministério dos Transportes. Brasília.
- DNIT (2012b) *Instrução de Serviço/DG nº 08 de 24/04/2012*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2011/2011>. Acessado em: 26.Jul. 2016.
- DNIT (2015a) *Evolução do Perfil da Rede Rodoviária Federal Pavimentada*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em DNIT: <http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e->

- pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/evolucao-da-condicao-da-malha-ate-2011-por-uf-2001-a-2014-sf.pdf. Acessado: em 10 de maio de 2015.
- DNIT (2015b) *Relatório de Gestão Temática – Ações de 2014*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília. Disponível no site: (<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-divulga-relatorio-de-gestao-tematico>) acessado em 14. Set. 2015.
- DNIT (2015c) *Relatório Gerencial – Atlas da Manutenção Rodoviária*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasília.
- EPL (2015) *Plano Nacional de Logística Integrada*. Relatório Executivo 1ª Fase. Empresa Brasileira de Logística. Ministério dos Transportes. Brasília. Disponível em: <http://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-integrada-pnli>. Acesso em 23 de julho de 2016.
- FDC (2012). *Fundação Dom Cabral*. Disponível no site: <http://www.fdc.org.br/Lists/Notcias/DispForm2.aspx?List=ed1f8ef5%2D3467%2D44>. Acesso em: 24. Novembro. 2012
- FERREIRA, P. C. V., MALLIAGROS, T. G. (1999). *Investimentos, Fontes de Financiamento e Evolução do Setor de Infra-Estrutura no Brasil: 1950-1996*. Ensaio Econômico, nº 346. Escola de Pós-Graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo.
- FGV (2006). *A Construção do Desenvolvimento Sustentado: A importância da construção na vida econômica e social do país*. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo.
- FRISCHTAK, C. R. (2008). *O Investimento em Infra-Estrutura no Brasil: histórico recente e perspectivas. Pesquisa e Planejamento Economico*.v.38, nº 2:, p. 307-348, São Paulo.
- IBGE (2011) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Séries Estatísticas. Disponível no site: <http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=SCN52&sv=41&t=produto-interno-bruto-br-valores-correntes>. Acesso em: 16. Novembro. 2012.
- IPEA (2010). *Rodovias Brasileiras: Gargalos, Investimentos, Concessões e Preocupações com o futuro*. Comunicados do Ipea nº 52. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília.
- IPEA (2011). *Boletim Regional Urbano e Ambiental*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, v.05, p. 89-97. Brasília.
- IPEA (2012a). *Brasil em Desenvolvimento 2011 – Estado, Planejamento e Políticas Públicas*, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, v.01., p. 103 -132. Brasília.
- IPEA (2012b). *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior. Nº 18*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura. Brasília.
- LACERDA, S. M. (2005). *O Financiamento da Infra-Estrutura Rodoviária, através de Contribuintes e Usuários*. BNDES Setorial, nº 21, p. 141-159, Rio de Janeiro
- LECHINI, G. (2012). *BRICs e África: a grande incógnita*. Boletim de Economia e Política Internacional. nº 09. P. 139-150. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/boletim_internacional/120328_boletim_internacional_09.pdf. Acessado em: 23 de julho de 2016.
- MIGUEL, S., CONDRON, J. (1991) *Assessment of Road Maintenance by Contract*. The World Bank. Washington.
- MT (2012) *Ministério dos Transportes*. Balanço dos Transportes no Governo Federal (2003-2010). Disponível pelo site: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/74763>. Acesso em: 16. Outubro. 2014.
- MT (2014) Ministério dos Transportes. CIDE – Valor bruto repassado aos Estados e Municípios: Período 2004-2014. Disponível pelo site: <http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1389788528.pdf>.
- MT (2015) *Ministério dos Transportes*. Disponível no site: <http://www.transportes.gov.br/ultimas-noticias/3070-minist%C3%A9rio-dos-transportes-autoriza-empresas-a-apresentarem-estudos-t%C3%A9cnicos-sobre-11-novos-projetos-rodovi%C3%A1rios.html>. Acesso em: 11. Junho. 2015.
- NTC, (2011) *Ntc&Logística. Associação Nacional do Transportes de Carga*. Disponível no site: http://www.ilos.com.br/web/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=157&Itemid=200417&lang=br. Acesso em: 25. Maio. 2012.
- PAKKALA, P.A., JONG, W. M., AIJO, J. (2007). *International Overview of Innovative Contracting Practices for Roads*. Finnish Road Administration. Helsinki
- PNLT (2009). *Plano Nacional de Logística e Transportes*. Secretaria de Política Nacional de Transportes. Ministério dos Transportes, Brasília. Disponível pelo site: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/69403>. Acesso em: 16. Junho. 2012.
- REIS, N. G. (2006). *Impacto do Estado das Rodovias sobre o Custo Operacional dos Caminhões*. NCT & Logística. Disponível pelo site: http://www.portalntc.org.br/index.php?option=com_remository&Itemid=388&func=startdown&id=313. Acesso em: 02 de junho de 2011.
- RESENDE, P. T. V., SOUSA, P. R., SILVA, A. C. R. (2012). *Obras de Infraestrutura no Brasil*. Fundação Dom Cabral. Disponível pelo site: www.revistamundologistica.com.br. Acesso em: 16. Ago. 2012

- RIGOLIN, I. B. (2008) *Comentário às Leis das PPPs, dos Consórcios Públicos e das Organizações Sociais: Leis nº 11.079/2004, 11.107/2005 e 9.637/98*. Saraiva, p. 8. São Paulo.
- SENNÁ, L. A. S., MICHEL, F. D. (2006). *Rodovias Auto-Sustentadas: O desafio do século XXI*. Editora CLA, p.48, São Paulo.
- SNV (2014). *Sistema Nacional de Viação*. Disponível pelo site: <http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/snv2014-jurisdicao-federal.pdf>. Acesso em: 10. Maio. 2015.
- TRB (2009) *Performance-Based Contracting for Maintenance*. NCHRP Synthesis 389. Transportation Research Board. Washington.
- TRW (2012) *Basic Road Statistics of India*. Transport Research Wing. Ministry of Road Transport and Highways. New Delhi, India.

4. ARTIGO 3: APLICAÇÃO DO HDM-4 NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA RODOVIA BRASILEIRA*

*Esse artigo contém partes do referencial teórico do artigo “ANÁLISE TÉCNICA-ECONÔMICA COM APLICAÇÃO DO HDM-4 NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA” publicado nos anais da 44^oRPav/18^o Enacor, 2015, Foz de Iguaçu, PR.

APLICAÇÃO DO HDM-4 NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA RODOVIA BRASILEIRA

Karine da Rocha Alves, Engenheira Civil
Christine Tessele Nodari, Dra.
Daniel Sergio Presta García, Dr.

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
 Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

Este artigo apresenta uma análise técnico-econômica utilizando o *software Highway Development and Management* (HDM-4) aplicado em um estudo de caso, cujo objeto de pesquisa é uma rodovia federal no Estado do Rio Grande do Sul, a qual está sob conservação da administração pública. O *software* HDM-4 foi desenvolvido pelo Banco Mundial que utilizou experiências, inclusive no Brasil, para aprimorar seus modelos de previsão. Na bibliografia disponível, foram pesquisados modelos de previsão de desempenho existentes e suas aplicações em um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP). O departamento rodoviário responsável pela rodovia em estudo, nos últimos anos, tem praticado alguns programas de manutenção por toda a sua malha, entretanto não há um controle contínuo do desempenho dos pavimentos, sendo desta forma, pertinente analisar as intervenções mais viáveis para a manutenção rodoviária. Através de alternativas de projeto criadas e outras utilizadas pela administração e, ainda, utilizando os dados geométricos e estruturais disponíveis, foram selecionados segmentos da rodovia e agrupados em intervalos de *International Roughness Index* (IRI) e Volume Médio Diário (VDM) do tráfego, utilizando o HDM-4 com objetivo de avaliar os resultados de alternativas mais econômicas e a relação com essas variáveis. Verificou-se em períodos de 10 anos e 20 anos que a alteração do tráfego influenciou nos valores de Valor Presente Líquido (VPL) assim como nas escolhas das alternativas mais econômicas.

Palavras-chave: Análise técnico-econômica. HDM-4. Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs). Modelos de Previsão de Desempenho.

Abstract

This article presents a technical-economic analysis using *Highway Development and Management* (HDM-4) software applied in a case study whose research is a federal highway in the state of Rio Grande do Sul, which is under conservation of public administration. The HDM-4 software was developed by the World Bank which used experiences, including Brazil, to enhance their forecasting models. In the available literature, performance prediction models were surveyed existing and their applications in a Pavement Management System (PMS). The road department responsible for highway under study in recent years, has practiced some maintenance programs throughout its network, however there is a continuous control performance of pavements, and thus relevant to examine the most viable interventions to road maintenance. Through design alternatives created and others used by management and also using the geometric and structural data available, segments were selected from the highway and grouped into *International Roughness Index* (IRI) intervals and Annual Average Daily Traffic (AADT) traffic using HDM-4 to evaluate the results of more economic alternatives and the relationship with these variables. Found in periods of 10 years and 20 years to change the traffic influence the Net Present Value (NPV) as well as the choices of the most economical alternative.

Keywords: Technical and economic analysis. HDM-4. Pavement Management Systems (PMSs). Performance Prediction Models.

1. INTRODUÇÃO

A conservação rodoviária pode ser administrada de diversas maneiras, pelo poder público ou quando concedida, pelo setor privado. Há departamentos rodoviários que praticam contratos: por indicadores de desempenho, por preços unitários, e ainda, contratos para um serviço

específico de manutenção ou por um conjunto de atividades, conforme Chen *et al.* (2010) pesquisou e classificou os contratos de manutenção em 14 tipos.

Antes de decidir qual tipo de contrato será aplicado, as atividades que serão contratadas necessitam ser definidas. Entretanto grande parte dos serviços que oneram os custos de manutenção são os relativos ao pavimento (BENEVIDES, 2006). Se tratando do pavimento das rodovias, existem fatores que influenciam diretamente em sua degradação, como: clima, tráfego, sistema de drenagem, estrutura do pavimento e o subleito. O desempenho dos pavimentos é fator relevante da economia nacional, devido os custos operacionais dos veículos e nas opções de rotas, entretanto nem sempre há uma reserva de orçamento suficiente para manter adequadamente uma malha rodoviária, que em geral, apresenta pavimentos heterogêneos e em constante expansão.

Saber ponderar os benefícios econômicos com os custos investidos, bem como um desejável nível de desempenho dos pavimentos é um desafio para todos que são responsáveis pela manutenção rodoviária. Os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs) foram inicialmente aplicados nos Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha, Holanda, Espanha e outros, entretanto também foram implantadas em outros países não tão desenvolvidos economicamente, como África do Sul, Kuwait e Paquistão (BENEVIDES, 2006 *apud* VISSER; KARAN; CHEN e RAZA, 1998).

Com o avanço dos estudos na área dos SGPs, a partir de 1960, com o objetivo de produzir parâmetros, métodos e modelos que permitissem a otimização de investimentos em construção e conservação rodoviária, atualmente existem programas computacionais como o HDM (*Highway Develop and Management*), desenvolvido pelo Banco Mundial. Esse programa utiliza modelos de desempenho, que avaliam de forma técnica e econômica os projetos de rodovias, permitindo analisar diversas alternativas de soluções para a manutenção e reabilitação dos pavimentos (M&R).

As rodovias brasileiras ao longo de um grande período receberam recursos insuficientes para oferecer um nível de serviço adequado aos usuários (FNE, 2009). Mesmo com os vários estudos sobre os SGPs, por várias décadas, os sistemas ainda não são amplamente utilizados pelos gestores do setor rodoviário (BENEVIDES, 2006 *apud* KULKARNI e MILLER, 2003). Devido ao emprego do HDM pelo Banco Mundial, os modelos foram

utilizados em mais de cem países para investigar a viabilidade econômica dos projetos, que com a adesão por países desenvolvidos, os modelos foram sendo atualizados obtendo-se a versão vigente HDM-4 (PIARC, 2010).

Este trabalho tem como proposta verificar a relação do Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e do Volume Médio Diário (VDM) no resultado das alternativas de projeto para manutenção, através de um estudo de caso utilizando o programa HDM-4. Os segmentos utilizados no objeto do estudo são de uma rodovia federal brasileira, sob responsabilidade da administração pública. Serão avaliados diversos tipos de soluções de projetos para manutenção do pavimento rodoviário em períodos pré-determinados.

2. A ORIGEM E A EVOLUÇÃO DOS SGPs

Os egípcios durante a construção de suas pirâmides (2600-2400 a.C.), preocupados com o transporte de carga, construíram e utilizaram estradas. Ainda na antiguidade, houve a construção de estradas que atendiam à Assíria e a Babilônia (regiões da Mesopotâmia no Oriente Médio), como a Estrada de Semíramis, nos anos 600 a.C., que cruzava o rio Tigre e margeava o Eufrates, e na Ásia, entre a China e o continente europeu a chamada Estrada da Seda. Os romanos, grandes conquistadores, assim como estrategistas militares, implantaram uma boa malha viária e classificaram as estradas de acordo com a sua importância. Semelhante aos dias de hoje as vias eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, que variavam de acordo com os materiais disponíveis e a qualidade do terreno natural (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Na América Latina, os precursores em construir estradas foram os incas, habitantes da região hoje ocupada pelo Equador, Peru, norte do Chile, oeste da Bolívia e noroeste da Argentina. Em território brasileiro uma das primeiras estradas reconhecida historicamente teve início em 1560, durante a gestão do terceiro governador-geral do Brasil, Men de Sá. A estrada ligou São Vicente ao Planalto Piratininga em São Paulo, a qual parte de seu traçado atualmente faz parte a conhecida Rodovia Caminho do Mar (SP-148) (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Desde o início do surgimento das estradas a utilização de diversos tipos de pavimentos, critérios de dimensionamento e técnicas de construção, foram sofrendo alterações, entretanto algo não mudou ao longo dos tempos: os pavimentos têm um período de tempo ou “ciclo de vida”. Durante este ciclo, o pavimento inicia a sua vida em uma condição perfeita até alcançar uma

condição ruim. O decréscimo da condição ou da “serventia” do pavimento ao longo do tempo é conhecido como desempenho (DNER, 1998).

Os estudos iniciados durante os anos da década de 1960 pelos técnicos da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), incluindo o conceito de serventia-desempenho, contribuíram significativamente para a base tecnológica da gerência de pavimentos. A determinação do desempenho de um pavimento envolve um estudo do seu comportamento funcional. O termo avaliação funcional foi introduzido para representar os processos de identificação e caracterização de diversos aspectos relacionados às condições da superfície de rolamento, incluindo questões relacionadas ao conforto e à segurança do tráfego (NAKAHARA, 2005).

A serventia de uma rodovia pode ser expressa pela média das avaliações dadas pelos usuários das rodovias, sendo que em geral essas avaliações são subjetivas. Entretanto, há características das rodovias que podem ser medidas objetivamente e que, quando medidas e combinadas de forma apropriada, são relacionadas à avaliação subjetiva dos usuários sobre a capacidade que a rodovia tem em servi-los (SONCIN, 2011 *apud* CAREY e IRICK, 1960).

Em função dos conceitos de serventia e desempenho, a *AASHTO Road Test*, AASHTO (1962) desenvolveu o Índice de Serventia Atual (ISA), internacionalmente chamado de *Present Serviceability Index* (PSI). Este índice pode ser obtido através dos valores médios de Valor de Serventia Atual (VSA), conhecido como *Present Serviceability Ratio* (PSR), que proveem de avaliações subjetivas do pavimento variando numa escala de 0-péssimo a 5-ótimo, correlacionado às medidas físicas de defeitos adquiridas de avaliações objetivas.

Os estudos realizados durante o *AASHTO Road Test* demonstraram que a maior influência sobre a serventia do pavimento era a irregularidade longitudinal do perfil superficial. De acordo com Soncin (2011) *apud* AASHTO (1986), a serventia do pavimento, expressa pelo ISA, é obtida por medidas de irregularidade longitudinal, visto que é o fator predominante na estimativa do ISA e ainda de defeitos do pavimento como trincas, remendos e deformações permanentes.

Em relação aos defeitos frequentes em pavimentos, a progressão do trincamento aparece entre um dos principais fatores que podem comprometer o desempenho dos pavimentos. O

aparecimento de trincas permite a penetração de água nas camadas inferiores dos pavimentos, causando queda da capacidade de suporte.

O desempenho de um pavimento sofre influência de uma série de fatores e da interação de seus efeitos, dos quais Nakahara (2005) *apud* Rodrigues (1991) destaca os seguintes:

- Repetição de cargas do tráfego, responsável pela geração e propagação dos defeitos de natureza estrutural, como trincamento e deformações plásticas;
- Abrasão da superfície do pavimento, gerada pela passagem das rodas de todos os veículos que compõem o tráfego;
- O envelhecimento das camadas asfálticas, provocada pela oxidação do ligante betuminoso que é agravado pelas condições ambientais;
- As propriedades dos materiais utilizados na construção do pavimento e a sua heterogeneidade ao longo da via;
- As condições de drenagem;
- A frequência e as práticas de manutenção aplicadas ao longo do tempo; e
- A estrutura do pavimento existente.

Diante da complexa rede de interações de fatores que alteram o desempenho ao longo do ciclo de vida dos pavimentos, os SGPs foram desenvolvidos na década de 1960, a partir dos conceitos formulados pela *AASHTO Road Test* (AASHTO, 1962) e estudos realizados no Canadá (CRGA, 1965).

Os SGPs foram concebidos para mudar a tendência dominante de modelos de projeto e construção para os modelos de reparos e manutenção. O objetivo principal do SGP é a utilização de informações confiáveis e critérios de decisão que possibilitem o estabelecimento de um programa de construção, M&R de pavimentos, dando o máximo retorno possível para os recursos disponíveis. Para que este objetivo seja alcançado, o SGP deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar os recursos do seu programa de M&R (BENEVIDES, 2006). A implantação de um SGP exige a disponibilidade de um banco de dados com as características dos segmentos, que segundo Campos (2004) *apud* Causin (2001), é o enfoque central de todo SGP.

Soncim (2011) *apud* Lytton (1987) destaca que os modelos de previsão de desempenho são absolutamente essenciais à gerência de pavimentos, para decisões técnicas e econômicas. A

irregularidade é apresentada por Barella (2008) *apud* Sayers *et al.* (1986) sendo utilizada em SGPs avançados, visando auxiliar na tomada de decisões e na determinação dos custos operacionais dos usuários. Reserva-se as subseções 2.1. à 2.4. a irregularidade longitudinal e aos modelos de previsão de desempenho, em função de serem relevantes aos SGPs.

2.1. Irregularidade longitudinal

Entre os parâmetros que afetam a serventia de um pavimento, a irregularidade longitudinal é o que contribui de forma mais significativa (LERCH, 2002 *apud* HAAS e HUDSON, 1978; SALEH *et al.*, 2000). A *American Society for Testing Materials (ASTM)*, de acordo com a especificação E867-82, define a irregularidade como “desvios de uma superfície, em relação a uma superfície verdadeiramente plana, com dimensões características que afetam a dinâmica do veículo, a qualidade de rolamento, a dinâmica das cargas e a drenagem” (NAKAHARA, 2005 *apud* PATERSON, 1987).

A irregularidade do pavimento de uma rodovia pode variar com o tempo e é influenciada por vários componentes, tais como: problemas construtivos, trincamento, desgaste, deformações e manutenções realizadas. Essas variações de elevação da superfície afetam a dinâmica dos veículos, o conforto, a segurança e por isso os custos dos usuários são diretamente afetados.

2.2. Equipamentos de medição de irregularidade longitudinal

Soncin (2011) *apud* Sayers; Gillspie; Queiroz (1986) apresenta os equipamentos ou processos de medidas da irregularidade longitudinal de pavimentos classificados em três grupos, devido as diferenças no processo de obtenção da medida:

- Sistemas de Medidas Indiretas do Perfil (Perfilômetros) – Régua Móveis, Perfilógrafo Tipo Califórnia, Perfilômetro Dinâmico de Superfície (GMR – *General Motors Research*), Perfilômetro *Carey, Hutckins, Lathers and Other Engineers* (CHLOE), Analisador do Perfil Longitudinal – APL, Perfilômetro *K.J. Jaw, Machine for Evaluating Roughness using Low-Cost Instrumentation* (MERLIN) do TRRL. Existem equipamentos de medidas indiretas que utilizam sensores óticos, a laser ou ultrassônico como o perfilômetro a laser do TRRL e o Dynatest Mark II RSP – *Road Surface Profiler*.

- Sistemas de Medidas de Irregularidade do Tipo Resposta (SMITR) – os sistemas desse tipo podem ser mecânicos como o Rugosímetro do *Bureau of Public Roads (BPR)*, o *Mays Ride Meter*, o *Bump Integrator*, o *PCA meter* e o Sistema Integrador IPR/USP ou utilizam acelerômetro como o *Automatic Road Analyzer (ARAN)* e o *Portable Universal Roughness Devide (PURD)*.

- Sistemas de Medidas Diretas do Perfil – Nível e Mira, que devido a acurácia das leituras são utilizados na calibração ou validação de outros processos de medidas de irregularidade. Nessa categoria também se encontram a viga do *TRRL* e o *Dipstick*.

2.3. O índice de irregularidade internacional (IRI)

A partir da iniciativa do Banco Mundial em 1982 em estabelecer uma correlação e um padrão de calibração para medidas de irregularidade, se obteve como resultado o Índice de Irregularidade Internacional (IRI – *International Roughness Index*). O IRI é uma escala de medida de irregularidade baseada num modelo matemático chamado quarto-de-carro, que simula os movimentos verticais induzidos a uma roda sob velocidade de 80 km/h. Os movimentos verticais induzidos são acumulados e divididos pela distância percorrida, resultando num índice com unidade m/km (SONCIN *apud* SAYERS; GILLSPIE; QUEIROZ, 1986).

É possível correlacionar o IRI com diferentes tipos de medidores de perfil, cujos resultados são expressos em unidades como m/km, in/mi, contagens/km. No Brasil, a escala padrão de medição adotada para a irregularidade longitudinal é o QI - Quociente de Irregularidade ou Índice de Quarto-de-Carro, reconhecido internacionalmente, a partir do uso do perfilômetro dinâmico de superfície – GMR. A resposta à irregularidade, obtida pela simulação de movimentos no quarto-de-carro, é aceita como uma medida padrão de irregularidade e é expressa em contagens por quilometro (cont./km). Os conceitos de QI e IRI são bastante similares e, na prática, eles são altamente correlacionados. Uma relação aproximada entre QI e IRI é dada pela equação 1:

$$QI = 13 \times IRI \qquad \text{Equação 1}$$

Fonte: DNER (1998).

2.4. Modelos de desempenho

Ao mesmo tempo em que o conceito serventia-desempenho foi se desenvolvendo, também foi crescendo a preocupação entre os pesquisadores e engenheiros rodoviários em prever o desempenho dos pavimentos. Pode-se considerar que modelar o desempenho dos pavimentos é uma tarefa complexa, devido a influência da interação de vários fatores como: tráfego, clima, processos construtivos, condições de drenagem, estrutura do pavimento, materiais de construção e política de manutenção. Haas *et al.* (1994) apresentam as principais funções dos modelos de desempenho:

- Prever as condições futuras do pavimento;
- Estimar o tipo e a frequência da manutenção e/ou restauração para segmentos rodoviários específicos;
- Otimizar a condição do pavimento em uma rede rodoviária;
- Usar como “*feedback*” nos projetos de pavimentos;
- Uso nas análises de custo de vida dos pavimentos.

No mesmo estudo, classificou os modelos em quatro tipos básicos:

- Modelos Mecanísticos: esses modelos excluem todas as interferências empíricas na estimativa da deterioração do pavimento. São baseados em parâmetros de resposta estruturais como tensões, deformações e deflexões. Como exemplo deste modelo Campos (2004) fez referência a Saleh *et al.* (2000).

- Modelos Mecanísticos-Empíricos: nesses modelos, as respostas estruturais (tensões, deformações e deslocamentos) são correlacionadas com dados experimentais sobre a evolução da deterioração estrutural ou funcional dos pavimentos, por meio de análise de regressão. Esses tipos de modelos são os mais utilizados para previsão de desempenho de pavimentos. Soncin (2011) apresentou como mecanísticos-empíricos os modelos *Mathematical Modelo of Pavement Performance* (MMOPP) desenvolvido por Ullidtz em 1978, os elaborados a partir dos dados da AASHTO *Road Test* em 1962 e os desenvolvidos por Queiroz em 1981. Ferreira *et al.* (2015) apresentou o mais atual método de dimensionamento de pavimentos da AASHTO que corresponde ao *Mechanist-Empirical Pavement Design Guide* (MEPDG) que pode ser aplicado através do *software* DARWin-ME que prevê o comportamento dos pavimentos com modelos mecanísticos-empíricos.

- Modelos Empíricos: relacionam um determinado índice de desempenho do pavimento como variável dependente, através de indicadores subjetivos ou objetivos, como por exemplo, ISA, irregularidade longitudinal, acúmulo de deformação permanente nas trilhas de roda, aparecimento e propagação de trincas por fadiga. Como exemplo de variáveis independentes, têm-se as solicitações de tráfego ou os efeitos do meio ambiente. Utiliza-se nestes modelos, geralmente, análise de regressão. Em Soncim (2011) confere-se que Queiroz (1981) e Paterson (1987) desenvolveram modelos empíricos.

- Modelos Subjetivos: Os modelos subjetivos são desenvolvidos 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, não utilizando uma série histórica de dados. Nestes modelos é necessária grande quantidade de especialistas, para o desenvolvimento de matrizes para cada combinação de fatores, o que implica em um grande número de interações, e conseqüentemente desprende tempo na elaboração do modelo. Como exemplos de modelos subjetivos Nakahara (2005) cita os modelos criados por Carnahan *et al.* (1987), Butt *et al.* (1987), Li *et al.* (1996) e no Brasil Yshiba (2003). Além de Yshiba (2003), Benevides (2006) também desenvolveu modelos subjetivos com levantamentos de rodovias brasileiras.

3. O SOFTWARE HDM-4

O marco inicial para o modelo HDM foram os estudos elaborados em 1968 pelo Banco Mundial em conjunto com o Laboratório de Transporte e Investigações de Rodovias da Grã-Bretanha, *Transport and Road Research Laboratory (TRRL)* e o *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)* da França (MIQUEL e HENAO, 2007). A partir destes estudos e o envolvimento do Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), pode-se dizer que foi desenvolvido a primeira versão do HDM, denominado de *Highway Cost Model (HCM)*. Os estudos continuaram com o financiamento do Banco Mundial e, em 1979 o MIT lançou o *Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM)*, também conhecido como HDM-II.

Com o passar das décadas, os modelos foram aprimorados através de resultados experimentais que serviram de base empírica para o desenvolvimento teórico. Houve a introdução de análises com maior número de tipos de pavimentos, cálculos dos custos operacionais, aspectos de segurança e meio ambiente observados em vários países em desenvolvimento incluindo o Brasil. O produto desse progresso foi a elaboração do HDM-III (1987) e o HDM-4 (2000).

Nesta última versão foi conservada a sigla, entretanto o HDM-4 foi denominado como *Highway Development and Management Tool* – Ferramenta de Gestão e Desenvolvimento de Estradas.

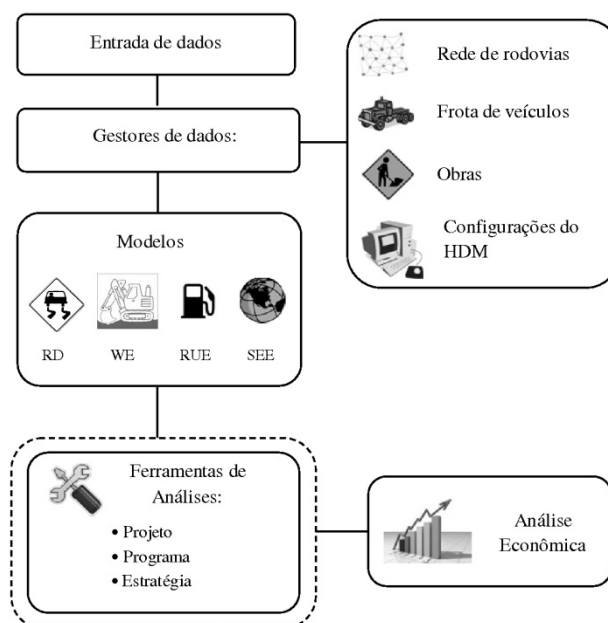
O modelo HDM-4 é uma ferramenta em forma de *software*, que pode ser utilizado na gestão de rodovias, mediante avaliação técnica e econômica das alternativas de projetos. De maneira sintética, pode-se afirmar que o modelo é capaz de prever as cargas de tráfego, os efeitos das obras de manutenção, a deterioração do pavimento e os efeitos sócio-econômicos e ambientais para os usuários da rodovia.

Todos os modelos, que compõem o HDM-4, simulam as condições da estrada durante o seu ciclo de vida e os custos associados a tais condicionantes (custos de construção, conservação e dos usuários) para um período de análise pré-estabelecido inserido num cenário de circunstâncias.

3.1. A estrutura do HDM-4

A estrutura do *software* HDM-4 é formada por quatro gestores de entrada de dados: uma rede de estradas, frota, obras e configurações; e por três ferramentas de análise para o ciclo de vida da rodovia (projeto, estratégia e programa), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – A estrutura do HDM-4.



A aplicação das ferramentas de análise é viabilizada através dos modelos disponíveis no *software* que simulam ano a ano as condições de cada segmento homogêneo da rodovia, os recursos físicos consumidos pela operação dos veículos e os recursos utilizados com a construção e conservação com cada estratégia planejada.

3.1.1. Descrição dos modelos inseridos no HDM-4

Os modelos estão agrupados da seguinte maneira no HDM-4: deterioração da rodovia - *Road Deterioration* (RD), efeitos dos trabalhos - *Work Effects* (WE), efeitos dos usuários da rodovia - *Road Users Effects* (RUE) e efeitos social e ambiental - *Social Effects and Environmental* (SEE). Apresenta-se nas subseções subsequentes a descrição de cada um destes modelos.

3.1.1.1. Modelos de RD

Os modelos utilizados no HDM-4, para análise da deterioração da estrada, são resultantes dos estudos elaborados por Paterson (1987) que elaborou equações a partir de procedimentos estatísticos de regressão aliados, em alguns casos, a conceitos mecânicos de pavimentos e de equações suplementares provenientes de outros estudos realizados no Quênia e Caribe. A modelagem abrange os seguintes defeitos: trincas por fadiga, desgaste, panelas, trincas nos bordos, deformação permanente nas trilhas de roda e irregularidade longitudinal, sendo que são apresentadas equações que preveem o surgimento e a progressão para cada um desses defeitos (NASCIMENTO, 2005).

Na modelação do RD são consideradas a deterioração do pavimento e da drenagem, em função de variáveis como: clima e meio-ambiente, tráfego, histórico do pavimento, características geométricas e estruturais do pavimento e as propriedades dos materiais. O sistema dispõe de um catálogo de diversos tipos de revestimentos e bases, apresentando flexibilidade em se trabalhar com rodovias sem e com revestimentos betuminosos e de concreto de cimento Portland.

3.1.1.2. Modelos de WE

Os modelos WE tem como objetivo implementar os programas de trabalho e determinar os seus custos. Na abrangência do modelo podemos destacar as seguintes ações:

- Distribuir os trabalhos sobre o período analisado;
- Calcular as quantidades físicas de trabalho que será realizado;
- Estimar os custos dos trabalhos;
- Ajustar a alteração de uma ou mais das características que definem a estrada, como resultado da aplicação dos trabalhos.

3.1.1.3. Modelos de RUE

No HDM-4, os modelos dos efeitos sobre os usuários da rodovia analisam basicamente as seguintes ocorrências:

- Velocidades dos veículos motorizados (velocidade livre, velocidade de congestionamento, velocidade de operação média anual e velocidade de tráfego média anual), seus custos de circulação e tempo de viagem;
- Velocidades do transporte não-motorizado e seus custos de circulação;
- Segurança da rodovia.

O sistema considera os custos dos componentes dos veículos, como: custo de combustível por litro, salário de motoristas profissionais, valor dos veículos novos, lubrificantes e pneus. O valor dos custos do tempo de trajeto é obtido através dos tempos de passageiro/hora em atividade de trabalho ou horas de trânsito de carga.

A segurança da rodovia é avaliada pela taxa de acidentes definido de acordo com um determinado conjunto de atributos como: classe de rodovia, nível de tráfego e fluxo e, geometria. Para desenvolver os modelos RUE, o *software* deve receber as informações dos dados da taxa de acidentes e seus respectivos custos unitários para cada tipo de gravidade.

3.1.1.4. Modelos de SEE

Os modelos relacionados no grupo SEE determinam os efeitos produzidos por emissões e o consumo de energia. É possível se obter as diferenças dos consumos de combustíveis e energia, utilizada pelos transportes motorizados e não-motorizados; e a energia utilizada durante a construção ou conservação das redes de rodovias. As emissões dos diferentes componentes emitidos pelos veículos são calculadas em função do consumo de energia. O modelo analisa os efeitos das emissões resultantes da implantação das diferentes intervenções e melhorias na rodovia e, ainda, as implicações da mudança da frota, como por exemplo, a presença de veículos de tecnologia mais avançada.

O sistema não modela os custos dos efeitos ambientais. As informações previstas pelos modelos do SEE podem ser utilizadas como ferramenta de decisão para explorar projetos além da análise econômica. Isso é aplicado porque os resultados das análises econômicas dependem de valores monetários relativos. Há projetos que economizam no consumo de petróleo, entretanto oferecem relativamente menos benefícios econômicos num país rico em petróleo. Nesta situação, o critério de eficiência no uso de energia em cada projeto, colocá-los-ia na mesma posição e auxiliaria os administradores da rede na tomada de decisão.

3.1.2. As ferramentas de análise

O *software* HDM-4 proporciona ao usuário a análise da viabilidade física, funcional e econômica de um determinado projeto, bem como permite definir padrões de conservação adotados pela administração da rodovia. O programa disponibiliza três tipos de análise: projeto, programa e estratégia.

A opção de análise de projeto permite a avaliação de alternativas de projeto específicas, comparando-as com um caso básico ou uma alternativa sem projeto. Além de permitir a análise de diversos projetos de manutenção, também possibilita o estudo de viabilidade de execução de alargamentos de plataforma e acostamentos, construções de novas pistas ou faixas adicionais.

A análise de programas é indicada quando o administrador da rede rodoviária necessita hierarquizar um catálogo de programas de trabalhos a curto e médio prazo, com baixas

restrições orçamentárias. Os projetos pré-definidos são analisados de acordo com os seus níveis de rentabilidade e efeito no estado da via, a fim de se obter um programa de obras.

Quando se necessita otimizar padrões de desempenho ou custos de curto a longo prazo, o ideal é se utilizar da ferramenta de análise de estratégia, que permite maximizar o Valor Presente Líquido (VPL) ou melhorar a condição da rede rodoviária (redução da irregularidade) ou minimizar os custos para se obter um valor de IRI desejado. Esse tipo de análise considera trechos de uma rede de rodovias, assim como, as análises de projetos e programas, mas seu diferencial é que também se pode trabalhar com uma matriz de rede de rodovias dentro da estratégia. A opção de matriz de rede permite definir um número de trechos representativos usando parâmetros somados, para representar a rede de rodovias que está em análise.

3.1.3. A análise econômica

A análise econômica no HDM-4 é realizada através de indicadores econômicos considerando a taxa de desconto especificada, usando os fluxos de benefícios e custos, calculados ano a ano, resultantes das diferentes comparações entre pares de opções de investimentos. O sistema calcula os seguintes indicadores econômicos: o VPL, a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Relação Custo/Benefício Líquido e os Benefícios do primeiro ano.

Os custos considerados na análise econômica são aqueles que são expressos em termos monetários, como os custos aplicados pela administração da rodovia com a construção e conservação e os custos dos usuários da rodovia, calculados pelos modelos previstos em RD, WE e RUE. Os benefícios são compostos pela redução do custo operacional dos veículos e do tempo de viagem dos passageiros de automóveis, ônibus e motoristas das cargas.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

O desenvolvimento deste trabalho busca demonstrar como o HDM-4 pode ser utilizado na tomada de decisão no planejamento da manutenção rodoviária, através dos resultados do indicador econômico VPL, e a relação das condições de IRI iniciais e de VDM a estes resultados. Para tanto se propõe um estudo de caso utilizando o *software* HDM-4, versão 1.3, para análise de projetos de manutenção em segmentos agrupados por intervalos de IRI e VDM.

Durante os estudos e preparo dos dados, foi necessário entender como funciona e sobre quais fundamentos teóricos o HDM foi criado. Desta forma, apresentou-se nas seções anteriores uma revisão bibliográfica sobre os modelos de previsão de desempenho de pavimentos e o surgimento dos SGPs. A ferramenta computacional HDM-4 é apresentada, bem como sua estrutura, descrevendo-se o que cada modelo considera e prevê, e as ferramentas de análise que disponibiliza.

Para o estudo de caso, utilizou-se segmentos de uma rodovia que está sob a responsabilidade da administração pública federal. O DNIT em 2010 desenvolvia projetos do tipo CREMA 2ª Etapa, que consistiam de projetos de manutenção e restauração, com duração de cinco anos, sendo que as soluções de restauração são definidas por catálogo. Entre as rodovias com levantamentos, dados históricos e projetos disponíveis nos projetos do programa CREMA 2ª Etapa, em 2010, o trecho escolhido seguiu os seguintes critérios: o número de faixas, o volume de tráfego e a irregularidade longitudinal nas estradas federais no estado do Rio Grande do Sul (RS). Em relação às rodovias de pista simples e pavimentadas, as mesmas abrangem mais de 90% do Estado. Quanto ao volume de tráfego numa amostra de 58,2% das rodovias federais no Estado do RS, cerca de 63% do VDM dessas rodovias está entre 2.000 e 6.000 veículos (DNIT, 2009; DNIT, 2010a).

Os segmentos selecionados para o estudo são de uma rodovia federal no Estado do RS, de pista simples pavimentada, onde são predominantes segmentos de volume de tráfego maiores de 5.000 e menores que 2.500 veículos diários. Além do tráfego, os segmentos foram agrupados em faixas de IRIs medidos para os projetos de CREMA 2ª Etapa, utilizando a classificação “*HPMS Field Manual*” (DNIT, 2011) que considera IRI: bom (2,5 a 3,0), regular (3,0 a 4,0) e ruim (4,0 a 5,5). Não foi considerada a classificação péssima (IRI >5,5) pois somente 4,10% das rodovias no RS se encontravam nesse intervalo (DNIT, 2011). O critério de utilizar segmentos a partir de $IRI \geq 2,5$ é em função do limite exigido pelo DNIT para as rodovias onde for aplicado o programa CREMA 2ª Etapa (DNIT, 2012a). A divisão em função dos IRI iniciais e de VDM resultaram em 6 grupos de segmentos distintos, aos quais foram analisadas 10 alternativas de projeto conforme detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Alternativas de projetos.

Alternativas de Projeto	Itens de Trabalho	Intervalo de tempo (anos)	Efetivo desde o ano de	Descrição
1 - Operação tapa buraco	Tapa buraco	1	2011	Executar o mínimo de manutenção, somente trabalhos de tapa buraco na pista sempre que ocorrer.
2 - Manutenção/Conservação (Plano de Trabalho Anual - PATO) sem condicionantes	Reparos+Remendos	1	2011	Executar trabalhos de manutenção a partir de Plano de Trabalho, previsão de tapa buraco, remendo profundo, recomposição e limpeza dos dispositivos de drenagem, roçada, capina, recomposição da sinalização vertical e horizontal, recomposições dos acostamentos e fresagem com recomposição com CBUQ de 4 cm de espessura a cada 2 anos.
	Reparos nos dispositivos de drenagem	1	2011	
	Roçada+Capina+Caição e Outros	1	2011	
	Fresagem com recomposição em CBUQ esp=4 cm	2	2011	
3 - Manutenção/Conservação (Plano de Trabalho Anual - PATO) com condicionantes	Reparos+Remendos	1	2011	Executar trabalhos de manutenção a partir de Plano de Trabalho, previsão de tapa buraco, remendo profundo, recomposição e limpeza dos dispositivos de drenagem, roçada, capina, recomposição da sinalização vertical e horizontal, recomposições dos acostamentos e fresagem com recomposição em CBUQ esp=4 cm quando o segmento atingir a condição de $IRI \geq 3,0$.
	Reparos nos dispositivos de drenagem	1	2011	
	Roçada+Capina+Caição e Outros	1	2011	
	Fresagem com recomposição em CBUQ esp=4 cm somente quando o $IRI \geq 3,0$.	Conforme Condições	2011	
4 - CREMA 1ª Etapa	Solução CREMA 1ª Etapa	2	2011	Solução para pista e acostamento definida no projeto do programa CREMA 1ª Etapa e conjunto de itens de manutenção previstos para o programa, repetindo de 2 em 2 anos.
	Manutenção CREMA 1ª Etapa	1	2011	
5- CREMA 2ª Etapa + PATO	Solução + Manutenção CREMA 2ª Etapa	1	2011	Solução para pista e acostamento definida no projeto do programa CREMA 2ª Etapa e conjunto de itens de manutenção previstos para este programa, repetindo em cada 10 anos (período de dimensionamento para o projeto CREMA 2ª Etapa) intercalado com manutenção rotineira (PATO) com recapes de CBUQ esp=4 cm quando o segmento atingir $IRI \geq 3,0$.
	Manutenção Rotineira (PATO) com recape de CBUQ esp=4 cm quando $IRI \geq 3,0$ (1)	1	2016	
	Solução + Manutenção CREMA 2ª Etapa (1)	1	2021(1)	
	Manutenção Rotineira (PATO) com recape de CBUQ esp=4 cm quando $IRI \geq 3,0$ (1)	1	2026 (1)	
6 - CREMA 1ª Etapa + CREMA 2ª Etapa	Solução + Manutenção CREMA 1ª Etapa	1	2011	Solução para pista e acostamento definida no projeto do programa CREMA 1ª Etapa que considera no primeiro ano os trabalhos de manutenção periódica, seguido da aplicação do programa CREMA 2ª Etapa que se repete após o período de dimensionamento de projeto de 10 anos.
	Solução + Manutenção CREMA 2ª Etapa	1	2013	
	Solução + Manutenção CREMA 2ª Etapa (1)	1	2023	
7 – RESTAURA recape esp=7 cm com condicionante $IRI \geq 3,0$	Recape em CBUQ esp=7 cm quando $IRI \geq 3,0$.	Conforme Condições	2011	Solução de recape arbitrada em uma espessura de 7 cm, (sem utilização de um método de dimensionamento aplicada a todos os segmentos), com a reconformação dos acostamentos, que só ocorrerá quando a condicionante de $IRI \geq 3,0$ for alcançada. A manutenção rotineira foi mantida para todos os anos e em todos os segmentos.
	Reparos+Remendos	1	2011	
	Reparos nos dispositivos de drenagem	1	2011	
	Roçada+Capina+Caição e Outros	1	2011	
8 – RESTAURA recape esp=7 cm a cada 2 anos sem condicionantes	Recapeamento em CBUQ esp=7 cm	2	2011	Solução de recape arbitrada em uma espessura de 7 cm, (sem utilização de um método de dimensionamento aplicada a todos os segmentos), com a reconformação dos acostamentos, que deve ocorrer a cada 2 anos. A manutenção rotineira foi mantida para todos os anos e em todos os segmentos.
	Reparos+Remendos	1	2011	
	Reparos na drenagem	1	2011	
	Roçada+Capina+Caição e Outros	1	2011	
9 – PATO com condicionante $IRI \geq 5,5$.	Fresagem com recomposição em CBUQ esp=4 cm somente quando o $IRI \geq 5,5$.	Conforme Condições	2011	Executar trabalhos de manutenção a partir de Plano de Trabalho, previsão de tapa buraco, remendo profundo, recomposição e limpeza dos dispositivos de drenagem, roçada, capina, recomposição da sinalização vertical e horizontal, recomposições dos acostamentos e fresagem com recomposição em CBUQ esp=4 cm quando o segmento atingir a condição de $IRI \geq 5,5$.
	Reparos+Remendos	1	2011	
	Reparos nos dispositivos de drenagem	1	2011	
	Roçada+Capina+Caição e Outros	1	2011	
10 – RESTAURA recape h=7 cm com condicionante $IRI \geq 5,5$	Recape em CBUQ esp=7 cm quando $IRI \geq 5,5$.	Conforme Condições	2011	Solução de recape arbitrada em uma espessura de 7 cm, (sem utilização de um método de dimensionamento aplicada a todos os segmentos), com reconformação dos acostamentos, que só ocorrerá quando a condicionante de $IRI \geq 5,5$ for alcançada. A manutenção rotineira foi mantida para todos os anos e em todos os segmentos.

Fonte: Elaborado pelos autores; DNIT (2008); DNIT (2010b); DNIT (2013).

(1) Só ocorrerá nos estudos de período de 20 anos de análise.

5. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso trata-se da rodovia federal, BR-285, localizada no Estado do Rio Grande do Sul, na região Sul do Brasil, entre os km 383,100 (município de Santa Barbara do Sul) e km 671,550 (município de São Borja), de classe de projeto IB, que se encontra com a Administração Pública desde sua implantação. As seções utilizadas para análise foram os segmentos do projeto de CREMA 2ª Etapa, bem como todas as características físicas, geométricas, estruturais, de drenagem, de tráfego e defeitos levantados durante a elaboração desse projeto.

O trecho rodoviário estudado foi pavimentado entre 1971 e 1975 pelo batalhão rodoviário do Exército Brasileiro, em pista simples com tráfego nas duas direções. A estrutura do pavimento constava de um revestimento de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com espessura de 5 cm e base de espessura variável de 6 a 33 cm predominantemente de macadame betuminoso, mas há locais como macadame hidráulico e brita graduada. Na camada inferior como sub-base foram utilizados macadame hidráulico e brita graduada, e em menor incidência basalto decomposto, seixo rolado e laterita, com espessuras entre 8 e 60 cm. Nas camadas de subleito foram registrados materiais como argila, basalto decomposto e pedra rachão. A estrutura dos acostamentos foi executada com basalto decomposto e revestimento em Tratamento Superficial Simples (TSS).

A primeira restauração ocorreu entre os anos de 2002 e 2007 através de contrato de CREMA com financiamento do Banco Mundial. Durante a execução deste contrato foram realizados reparos localizados, superficiais e profundos, recomposição dos acostamentos com revestimento em Tratamento Superficial Duplo (TSD), recapeamentos com CBUQ sem e com polímero e Camada Porosa de Atrito (CPA) em espessuras de 3,5 a 5 cm. Através do Programa CREMA 1ª etapa, entre 2009 e 2010, foi realizada restauração do pavimento objetivando a correção de problemas funcionais, utilizando soluções de fresagem com recomposição de revestimento em CBUQ de 5 cm de espessura e recomposição dos acostamentos em TSD.

Os primeiros dados lançados no HDM-4 são relativos ao cadastro de cada segmento dos grupos estudados e suas características de: extensão, largura de pista e acostamento, tipo de tráfego, VDM, clima, tipo e condições do pavimento. As medidas de irregularidade longitudinal medidas, foram efetuadas por perfilômetro a laser. Ao todo foram utilizados 14 segmentos,

totalizando 14,160 km em extensão. No Quadro 2, apresentam-se os segmentos considerados na análise, os respectivos códigos e avaliação de desempenho medidos e inseridos no sistema.

Quadro 2 – Características dos Segmentos.

		Código dos Segmentos	Dados Característicos das Seções					
			Descrição	Extensão (km)	Área de trincas (%)	Área de desgaste (%)	IRI inicial (m/km)	SNP
VDM 5400	IRI 2,5 A 3,0 (Bom)	66D	485+920 - 487+580	1,660	5	0	2,6	4,32
		71D	491+260 - 492+060	0,800	5	0	2,7	4,20
		72D	492+060 - 493+260	1,200	0	0	2,7	4,16
	IRI 3,0 A 4,0 (Regular)	64D	484+540 - 485+420	0,880	0	0	3,2	4,37
		65D	485+420 - 485+920	0,500	0	0	3,8	4,83
	IRI 4,0 A 5,5 (Ruim)	63E	466+960 - 497+540	0,580	17	0	4,4	4,12
		74D	493+780 - 494+380	0,600	0	0	4,0	4,32
		20D	408+520 - 409+200	0,680	1	18	4,3	4,12
	VDM 2285	IRI 2,5 A 3,0 (Bom)	93D	519+260 - 519+900	0,640	25	0	2,5
87D			508+560 - 511+980	3,420	6	8	3,00	4,95
IRI 3,0 A 4,0 (Regular)		93E	506+220 - 506+960	0,740	0	0	3,3	4,41
		96E	507+780 - 508+560	0,780	0	0	3,5	5,29
IRI 4,0 A 5,5 (Ruim)		212E	669+140 - 670+180	1,040	0	0	4,7	4,32
		97E	508+560 - 509+200	0,640	0	0	5,7	4,77

Fonte: DNIT (2010b).

Quanto aos dados de geometria, adotaram-se as médias dos valores sugeridos pelo HDM-4 para rodovias com predominância de curvas sinuosas e altimetria suavemente ondulada. Todos os segmentos analisados são denominados pelo HDM-4, como fluxo de velocidade em duas faixas padrão, com largura de 3,60 m cada e acostamentos de 2,50m de largura. O número estrutural *Structural Number of Pavement* (SNP), apresentado no Quadro 2, foi calculado pelo próprio HDM-4 a partir do valor da deflexão do *Falling Weight Deflections* (FWD) em milímetros fornecido nos levantamentos.

O clima foi considerado para todas as seções como úmido/subtropical-quente, tendo em vista os dados obtidos na estação meteorológica da cidade de São Luiz Gonzaga, sendo a mais próxima, onde: as temperaturas mínimas são em média de 15,5°C e as máximas de 26,1° C, e a precipitação média ao ano de 1.972 mm.

Atualmente, o DNIT realiza estudos para a calibração do HDM-4, sendo que parte destes estudos foi utilizada neste trabalho quanto à caracterização da frota e dos custos operacionais dos veículos. Apresenta-se no Quadro 3, a composição do tráfego extraída dos estudos de tráfego realizados para o Programa CREMA 2ª Etapa. Considerou-se a taxa de crescimento de 3% ao ano, admitida pelo Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), para todos os veículos e, o padrão de fluxo de tráfego foi caracterizado como interurbano. A Figura 2 demonstra a localização do trecho e dos Postos 2 e 3 de coleta de dados de tráfego (DNIT, 2010b).

Se tratando da carga de tráfego, o número N (número de solicitações do eixo padrão de 8,2 toneladas - AASHTO) se encontra entre $4,00 \times 10^5$ a $8,00 \times 10^5$ solicitações. O HDM-4 utiliza para as ações do tráfego o *Equivalent Standard Axle Load Factor (ESALF)* que também considera o número de repetições de um eixo simples com rodagem dupla de 8,2 toneladas, entretanto considera outros fatores para se obter a conversão de cada veículo para o eixo padrão (DNIT, 2006).

Quadro 3 – Composição do Tráfego.

Composição do Tráfego			
Identificação no HDM-4	Veículos	% POSTO 2 VDM 5400	% POSTO 3 VDM 2285
Automóvel	Automóvel	46,14%	44,99%
Pickup	Pickup	9,11%	11,86%
Ônibus 2C	Ônibus	1,76%	1,75%
Caminhão 2C	2C (16), 2C (20)	9,00%	5,64%
Caminhão 3C	3C, 2S1	11,65%	7,66%
Caminhão 2C2	2C2, 2S2, 3S1, 4C,4CD	1,74%	1,49%
Caminhão 3C2	3C2	0,18%	0,04%
Caminhão 3C3	3C3	0,02%	0,09%
Caminhão 2S3	2S3, 3S2, 2C3	8,92%	14,09%
Caminhão 3S3	3S3	8,94%	9,41%
Caminhão 3T4	3T4, 3S2S2, 3S2C4	2,54%	2,98%

Fonte: DNIT (2010b).

Quadro 4 – Custos dos Serviços de Manutenção.

Serviços de Manutenção	Unidade	Custos	
		Valor Econ. - R\$	Valor financ. - R\$
Manutenção CREMA 1ª etapa (custos gerenciais):	km/ano	7.416,66	10.805,34
Reparos+Remendos	m²	79,63	116,01
Roçada+Capina+Caiação e outros	km/ano	5.451,25	7.941,92
Drenagem	km/ano	1.965,42	2.863,41
Manutenção CREMA 2ª etapa (custos gerenciais):	km/ano	11.273,28	16.424,04
Reparos+Remendos	m²	79,63	116,01
Roçada+Capina+Caiação e outros	km/ano	8.292,25	12.080,98
Drenagem	km/ano	2.980,94	4.342,94
Conservação Rotineira – PATO (custos gerenciais):	km/ano	27.386,92	39.900,00
Reparos+Remendos	m²	79,63	116,01
Roçada+Capina+Caiação e outros	km/ano	8.292,25	12.080,98
Drenagem	km/ano	2.980,94	4.342,94
Recape esp=4 cm	m²	13,80	20,11
Fresagem com recomposição em CBUQ c/ esp=4 cm	m²	17,78	25,91
Recapeamentos de esp=7 cm:	-	-	-
Recap. esp=7 cm + Recomp. Acostamentos	m²	47,56	69,29
Reparos+Remendos	m²	79,63	116,01
Roçada+Capina+Caiação e outros	km/ano	8.292,25	12.080,98
Drenagem	km/ano	2.980,94	4.342,94

Fonte: DNIT (2010b); DNIT (2013).

Os Quadros 5 e 6 informam para cada segmento, os serviços de manutenção adotados nos projetos de CREMA 1ª Etapa e 2ª Etapa e os seus respectivos custos que também utilizaram como referência o SICRO2.

Quadro 5 – Soluções e Custos do Programa CREMA 1ª Etapa.

Segmentos	Soluções CREMA 1ª Etapa		Custos - CREMA 1ª Etapa	
	Pista	Acostamento	Valor Econ. - R\$/m²	Valor financ. - R\$/m²
212E	F5(100%)	RBAM (FS) + TSD	40,47	58,97
Demais	F5(100%)	TSD	37,07	54,01

Fonte: DNIT (2008).

Nota: F5(100%)=Fresagem contínua com recomposição de 5 cm de CBUQ, RBAM (FS) = Restabilização de Base com adição de Material Fresado.

Quadro 6 - Soluções e Custos do Programa CREMA 2ª Etapa.

Segmentos	Soluções CREMA 2ª Etapa		Custos - CREMA 2ª Etapa		
	Pista	Acostamento	Valor Econ. - R\$/m ²	Valor financ. - R\$/m ²	
66D	CPA4	RB (100%)+TSD (100%)	32,39	47,19	
71D	F5(10%) + H3 + CPA4		48,10	70,08	
72D	F5(5%) + H3 + CPA4		46,70	68,04	
64D	F5(5%) + H3 + CPA4		46,70	68,04	
65D	CPA4		32,39	47,19	
63E	F5(20%) + H3 + CPA4		50,90	74,16	
74D	REP+CPA4		41,91	61,05	
20D	F5(5%) + H3 + CPA4		46,70	68,04	
93D	F5(100%)+H8+CPA4		71,48	104,13	
87D	F5(5%) + H3 + CPA4		46,70	68,04	
93E	F5(5%) + Micro (1,5) + CPA4		Fazer Nada	26,53	38,65
96E	F5(5%) + Micro (1,5) + CPA4		RB (100%)+TSD (100%)	42,49	61,90
212E	F5(5%) + Micro (1,5) + CPA4		RB (55%)+TSD (100%)	37,64	54,83
97E	F5(100%)+H8+CPA4		RB (100%)+TSD (100%)	71,48	104,13

Fonte: DNIT (2010b).

Nota: F5=Fresagem com recomposição de 5 cm de CBUQ, CPA4=Camada Porosa de Atrito de 4 cm, H3=Recape de esp. de 3 cm de CBUQ c/ polímero, Micro(1,5)=Micro Revestimento a frio de 1,5 cm, H8=Recape de esp. de 8 cm de CBUQ c/ polímero, REP=Reperfilagem com CBUQ, RB=Reciclagem com incorp. de brita e material fresado.

O HDM utiliza a taxa de desconto para calcular o VPL dos custos e benefícios. Na análise dos projetos, foi adotada uma taxa de desconto de 10% ao ano, se aproximando de taxas brasileiras como poupança, Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), Taxas de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Certificados de Depósitos Bancários (CDBs), que poderiam refletir o custo marginal de investimentos no país, no ano de início das análises em 2010, conforme é observado por Dalbem *et al.* (2010). A alternativa de projeto 1- Operação Tapa Buraco foi considerada como base para o sistema HDM-4, uma vez que corresponde em se fazer o mínimo necessário.

6. RESULTADOS E ANÁLISES DO ESTUDO DE CASO

Na Tabela 1 foram reunidos todos os valores de VPL para cada um dos seis grupos de segmentos, os quais os IRIs e VDMs são relativos a situação inicial, isto é, antes da alternativa de projeto ocorrer, nos períodos de 10 e 20 anos. Ao analisar o relatório de indicadores econômicos, verificou-se que nem todas as alternativas de projeto são viáveis, na medida em que há VPLs negativos. Entretanto, entre as alternativas viáveis, a Alternativa 3: PATO (com condicionante $IRI \geq 3,0$) Fresagem + Recomposição com CBUQ esp=4 cm, foi a mais atrativa nos períodos de 10 e 20 anos, conforme demonstrado nos dados da Tabela 1. Em segundo lugar da atratividade geral, considerando os períodos de 10 e 20 anos, a Alternativa 5 – CREMA 2ª Etapa + PATO se apresenta como a mais viável, alternando entre as primeiras colocações.

Tabela 1 - Resultados econômicos.

Alternativas de Projeto analisadas no <i>software</i> HDM-4			VDM de 2.285 veículos			VDM de 5.400 veículos		
			IRI 2,5 a 3,0 (Bom)	IRI 3,0 a 4,0 (Regular)	IRI 4,0 a 5,5 (Ruim)	IRI 2,5 a 3,0 (Bom)	IRI 3,0 a 4,0 (Regular)	IRI 4,0 a 5,5 (Ruim)
Alternativa 1: SOMENTE TAPA BURACO	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,00	0,00 (3°)	0,00	0,00	0,00	0,00
		% do VPL máximo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20 anos	VPL (milhões R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		% do VPL máximo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alternativa 2: PATO (sem condicionante) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,51	-0,24	0,78	6,47 (2°)	1,08	6,27 (3°)
		% do VPL máximo	34,3	-199,8	66,1	91,6	81,5	95,5 *
	20 anos	VPL (milhões R\$)	11,53	2,10	4,81	35,90	6,64	20,51
		% do VPL máximo	89,5	81,2	90,2	97,3 *	59,5	97,7 *
Alternativa 3: PATO (com condicionante IRI ≥ 3,0) Fresa+Recomp=4cm	10 anos	VPL (milhões R\$)	1,50 (1°)	0,12 (1°)	1,18 (1°)	7,06 (1°)	1,33 (1°)	6,54 (2°)
		% do VPL máximo	100,0 *	100,0 *	100,0 *	100,0 *	100,0 *	99,5 *
	20 anos	VPL (milhões R\$)	12,88 (1°)	2,59 (1°)	5,34 (1°)	36,78 (2°)	11,17 (1°)	20,89 (2°)
		% do VPL máximo	100,0 *	100,0 *	100,0 *	99,7 *	100,0 *	99,5 *
Alternativa 4: CREMA 1ª ETAPA a/c 2anos	10 anos	VPL (milhões R\$)	-1,37	-0,95	-0,09	4,79	0,45	5,47
		% do VPL máximo	-91,5	-779,4	-7,7	67,9	33,7	83,2
	20 anos	VPL (milhões R\$)	8,93	1,12	3,61	33,69	9,98	19,46
		% do VPL máximo	69,3	43,5	67,7	91,4	89,4	92,7
Alternativa 5: CREMA 2ª ETAPA+PATO (com condicionante IRI ≥ 3,0)	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,94 (3°)	0,08 (2°)	0,87 (3°)	7,06 (1°)	1,28 (2°)	6,57 (1°)
		% do VPL máximo	62,6	65,5	73,7	100,0 *	96,6 *	100,0 *
	20 anos	VPL (milhões R\$)	12,19 (2°)	2,57 (2°)	4,99 (3°)	36,87 (1°)	11,17 (1°)	20,99 (1°)
		% do VPL máximo	94,7	99,5 *	93,5	100,0 *	100,0 *	100,0 *
Alternativa 6: CREMA 1ª + 2ª ETAPA	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,14	-0,24	0,59	6,41	1,10 (3°)	6,22
		% do VPL máximo	9,4	-193,2	49,7	90,8	83,0	94,7
	20 anos	VPL (milhões R\$)	11,45	2,27	4,73	36,09	10,90 (3°)	20,68 (3°)
		% do VPL máximo	88,9	87,8	88,6	97,9 *	97,6 *	98,5 *
Alternativa 7: RESTAURA (com condicionante IRI ≥ 3,0) Recape=7cm	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,44	-0,17	0,71	6,45 (3°)	1,04	6,20
		% do VPL máximo	29,1	-138,9	60,5	91,3	78,4	94,3
	20 anos	VPL (milhões R\$)	11,95	2,30 (3°)	4,95	36,38 (3°)	10,96 (2°)	20,67
		% do VPL máximo	92,8	88,9	92,7	98,7 *	98,2 *	98,4 *
Alternativa 8: RESTAURA (sem condicionante) Recape=7cm a/c 2 anos	10 anos	VPL (milhões R\$)	-2,44	-1,35	-0,45	3,98	0,14	5,07
		% do VPL máximo	-162,7	-1.108,0	-37,8	56,3	10,2	77,2
	20 anos	VPL (milhões R\$)	7,48	0,58	3,14	32,62	9,58	18,94
		% do VPL máximo	58,1	22,5	58,7	88,5	85,8	90,2
Alternativa 9: PATO (com condicionante IRI ≥ 5,5) Fresa+Recomp=4cm	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,96 (2°)	-0,13	1,02 (2°)	6,22	0,64	5,63
		% do VPL máximo	63,8	-109,6	86,8	88,1	48,1	85,7
	20 anos	VPL (milhões R\$)	-1,34	2,27	5,04 (2°)	35,09	10,28	19,68
		% do VPL máximo	-10,4	87,9	94,4	95,2 *	92,0	93,8
Alternativa 10: RESTAURA (com condicionante IRI ≥ 5,5) Recape=7cm	10 anos	VPL (milhões R\$)	0,54	-0,20	0,81	5,83	0,49	5,66
		% do VPL máximo	36,0	-164,8	68,6	82,6	37,2	86,1
	20 anos	VPL (milhões R\$)	12,00 (3°)	2,23	4,81	35,19	10,20	19,68
		% do VPL máximo	93,2	86,3	90,2	95,4 *	91,3	93,8

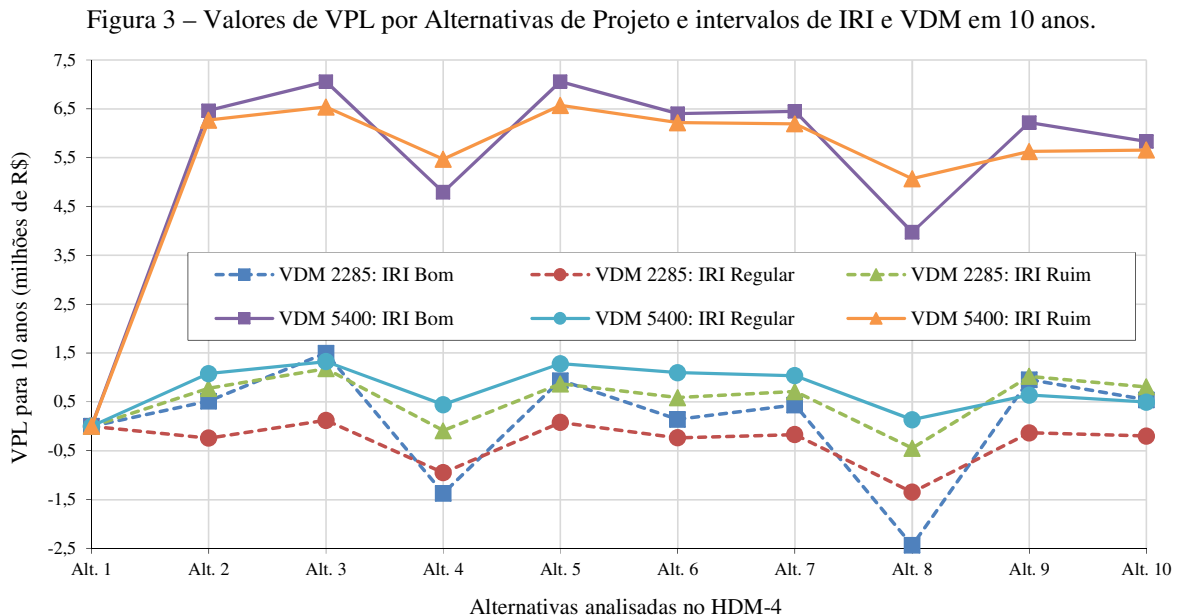
Fonte: Elaborada pelos autores.

(1°), (2°), (3°) = *ranking* de alternativas com maior VPL.

* Alternativas com percentual de VPL ≥ 95% do VPL máximo.

Em contrapartida, as Alternativas 4 e 8 são as que resultaram menor VPL, com os valores mais distantes da alternativa mais atrativa. Ambas alternativas são sem condicionantes e se repetem a cada 2 anos, entretanto a Alternativa 4 prevê fresagem e recomposição com CBUQ de 4 cm (solução do CREMA 1ª Etapa para todos os segmentos), mas os custos de execução não refletem benefícios compensatórios aos investimentos, mesmo a Alternativa 8 que aumenta a estrutura do pavimento, com a execução de recape de 7 cm. A alternativa mais viável se manteve a mesma para os grupos de IRI inicial com menor VDM (2.285 veic/dia), havendo alguma mudança nos agrupamentos do VDM maior (5.400 veic/dia), tanto para 10 anos ou 20 anos.

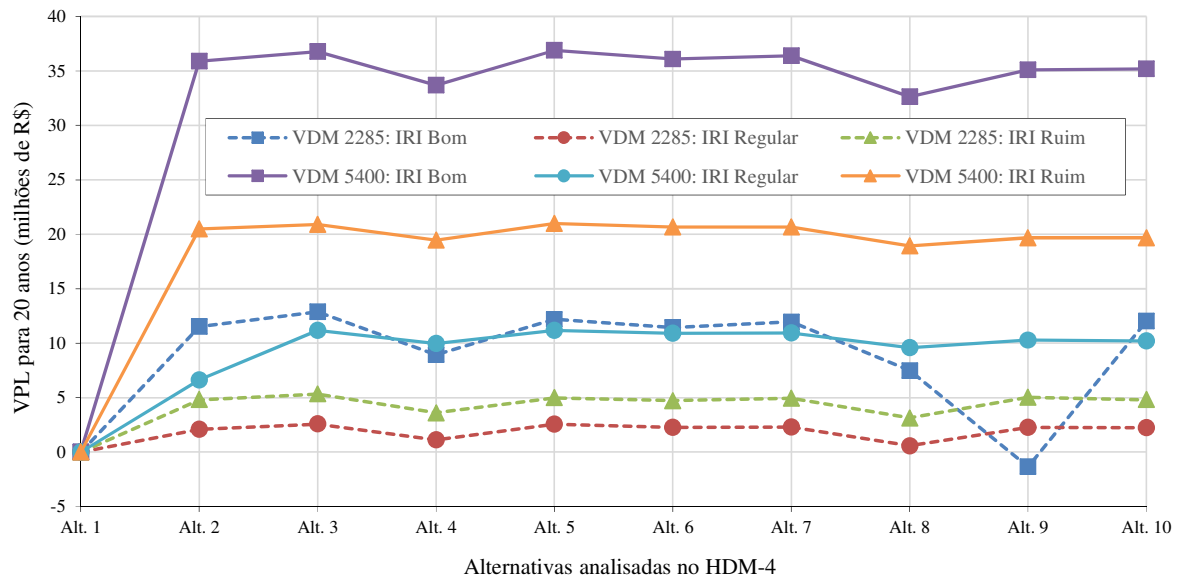
No período de 10 anos é notável uma relação direta entre os valores de VPL e os VDM dos segmentos. Observando os resultados por intervalos de IRI iniciais, para os dois valores de tráfego, os que obtiveram os maiores valores de VPL são os consideráveis bons (IRI de 2,5 a 3,00) e os de estado inicial ruim (IRI de 4 a 5,5) e os de menores VPLs são os de IRI inicial classificados como regulares (IRI de 3,00 a 4,00), com exceção das Alternativas 4 e 8, conforme demonstra o gráfico da Figura 3, caracterizando que a relação entre o IRI inicial e o VPL não é linear.



Fonte: Elaborada pelos autores.

No período de 20 anos, o comportamento dos VPLs em relação aos IRIs e VDMs é similar ao de 10 anos, com exceção da Alternativa 9, entretanto as diferenças entre os resultados dos intervalos de IRI para cada VDM são mais equilibradas, conforme o gráfico da Figura 4.

Figura 4 – Valores de VPL por Alternativas de Projeto e intervalos de IRI e VDM em 20 anos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em ambos os períodos é percebido que as maiores diferenças de VPL estão nos grupos de segmentos de mesmo intervalo de IRI mas com VDM distintos, sendo que os grupos com maiores VDM, o VPL também é o maior. Tais resultados remetem a constatação de Nunes (2012) que no seu trabalho de análise de sensibilidade do HDM-4 verificou o VDM de veículos motorizados como um dos fatores mais influentes sobre o VPL. Ainda sobre o tráfego seu estudo mostrou a grande influência da porcentagem de veículos comerciais no indicador econômico, sendo maior do que a taxa de crescimento anual de tráfego.

O segundo fator, considerado mais importante para os resultados econômicos, segundo Nunes (2012), é o fator de calibração para a progressão do IRI. Além desse fator, mais 5 (cinco) fatores de calibração estão entre os 12 fatores mais influentes no VPL. A ferramenta computacional HDM-4 por ser muito complexa e ter modelos com muitas variáveis requer que se faça análises de sensibilidade, que irá orientar os estudos para a calibração e conseqüentemente representar melhor a realidade analisada. Os modelos contidos no *software* não podem ser calibrados somente com os fatores medidos diretamente, deve-se ter atenção com os fatores de calibração. Até a realização desse estudo o DNIT não havia concluído a calibração do *software* HDM-4, portanto foi utilizado para o fator de calibração de progressão da irregularidade, assim como para os demais fatores, os valores *default* do sistema.

Os grupos com intervalos de IRI classificados como regulares são os com menor VPL. Existem resultados de valores de VPL muito próximos entre as alternativas de projeto num mesmo grupo de segmentos, como foram ordenados e destacados os primeiros na Tabela 1, bem como é possível observar outros resultados com menos de 5% de diferença em relação ao maior VPL.

Os resultados de IRI de todas as alternativas de projeto mais atrativas, cujo os VPLs foram os maiores, isto é, de 1º Maior VPL, se encontram entre o intervalo de 2,11 e 2,78 mm/km, considerados entre o estado ótimo e bom, conforme demonstrados na Tabela 2. Entretanto entre os resultados de IRI para as das alternativas que ficaram em 2º e 3º lugar em atratividade, nota-se que há resultados médios de irregularidade também em estado ótimo e bom, mas também regular e ruim, apresentando uma maior dispersão entre os valores, não sendo evidente a relação melhor VPL e IRI. Para aquelas alternativas em que os resultados de VPL se encontram próximos entre as primeiras colocações os resultados de IRI pode ser utilizado como critério para a escolha da alternativa.

Tabela 2 – Resultados de valores médios de IRI.

Grupos de Análise	IRI médio do 1º Maior VPL (m/km)		IRI médio do 2º Maior VPL (m/km)		IRI médio do 3º Maior VPL (m/km)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
IRI de 2,5 a 3,0 VDM 2285 - 10 anos	2,57	0,43	5,63	2,37	1,84	0,51
IRI de 2,5 a 3,0 VDM 2285 - 20 anos	2,59	0,39	1,73	0,42	3,94	1,29
IRI de 2,5 a 3,0 VDM 5400 - 10 anos	2,15*	0,49	2,46	0,23	2,16	0,80
IRI de 2,5 a 3,0 VDM 5400 - 20 anos	2,11	0,50	2,80	0,40	2,10	0,78
IRI de 3,0 a 4,0 VDM 2285 - 10 anos	2,57	0,47	2,23	0,54	4,49	0,72
IRI de 3,0 a 4,0 VDM 2285 - 20 anos	2,60	0,42	2,06	0,48	2,09	0,72
IRI de 3,0 a 4,0 VDM 5400 - 10 anos	2,71	0,49	2,58	0,52	2,27	0,58
IRI de 3,0 a 4,0 VDM 5400 - 20 anos	2,46*	0,50	2,00	0,75	2,69	0,70
IRI de 4,0 a 5,5 VDM 2285 - 10 anos	2,78	0,75	3,67	1,38	2,77	0,94
IRI de 4,0 a 5,5 VDM 2285 - 20 anos	2,74	0,72	3,71	1,38	2,35	0,83
IRI de 4,0 a 5,5 VDM 5400 - 10 anos	2,26	0,92	2,86	0,72	2,63	0,70
IRI de 4,0 a 5,5 VDM 5400 - 20 anos	2,12	0,78	2,85	0,55	1,91	0,76

Fonte: Elaborada pelos autores.

*Alternativas com VPLs iguais adotou-se o daquela com o menor IRI médio.

7. CONCLUSÃO

Os resultados das alternativas estudadas demonstram que há uma influência do tráfego nos valores de VPL, e em consequência nas alternativas de projeto mais viáveis, considerando as características dos segmentos em estudo. As seções com maior atratividade quanto aos serviços de manutenção seriam as de maior VDM e nas condições de IRI iniciais bons e ruins. Nas seções de tráfego menor em todos os intervalos de IRI a alternativa mais viável foi a mesma, já nas de tráfego maior houveram variações, portanto os valores de VPL sofreram maior interferência em função do tráfego.

A progressão do IRI considera os efeitos dos trabalhos, portanto os intervalos considerados inicialmente regulares já recebem as intervenções no primeiro ano, pois muitas das condicionantes para recape de pista foi o $IRI \geq 3,00$, dentro do mesmo intervalo da situação inicial. A situação para as ruins também não muda, a diferença é que já se encontram em uma faixa superior ao IRI das regulares. Desta maneira seria possível se analisar o melhor período para execução dos serviços nos segmentos da rodovia em análise.

Os melhores resultados econômicos foram de alternativas que exigiam condicionantes de desempenho como o IRI, o que obriga que haja um monitoramento sistemático de avaliação da rodovia em relação a este índice. Como há resultados de VPL com valores próximos ou iguais, o Administrador da rodovia pode avaliar o quanto poderá estar perdendo no caso de não poder desenvolver a alternativa mais viável, em função do planejamento exigido para cada tipo de alternativa como a elaboração de levantamentos, estudos e projetos. Os valores estimados para os IRIs podem ser utilizados em uma tomada de decisão quando há projetos com valores econômicos muito próximos ou se tem como objetivo um determinado índice de desempenho.

Os resultados das alternativas com o Programa CREMA 2ª etapa, devem ser analisados com ressalva, pois são projetados e executados em extensões de 300 a 500 km, geralmente envolvendo mais de uma rodovia, e que pode haver viabilidade caso no HDM-4 seja analisado o projeto completo. Este tipo de programa também permite melhorias geométricas como adições de terceiras faixas e alterações de interseções que geram custos e benefícios, mas que neste trabalho não foram consideradas pois foram utilizados somente alguns segmentos.

A ferramenta HDM-4 calcula indicadores econômicos e de desempenho dos pavimentos podendo ser utilizados na programação das atividades de manutenção e restauração. Além de avaliar as manutenções usuais aplicadas pelo gestor da rodovia, também observa-se a maior influência do tráfego, do que dos IRIs iniciais nos resultados de VPL. Portanto, quem gerencia a manutenção da infraestrutura de transportes deve se preocupar com a acurácia dos dados de volume de tráfego, com a sua classificação em função dos veículos comerciais e com os seus respectivos custos operacionais.

É desejável que os dados de entrada sejam confiáveis, como os da estrutura do pavimento, histórico de construção e restaurações, tipo e drenagem do pavimento, pois são elementos essenciais de entrada no HDM-4 e que podem influenciar nos resultados econômicos e de desempenho. A escolha da execução de um projeto de manutenção ou restauração dependerá de valores econômicos bem como da disponibilidade de se monitorar os índices de desempenho e o melhor momento para a execução.

Os programas de restauração de um departamento federal ou estadual podem se assemelhar em sua duração, metodologia de dimensionamento ou até utilizar os mesmos serviços de manutenção rotineira, entretanto seus orçamentos disponíveis podem ser em escalas incomparáveis. Ao adotar um SGP, o administrador da malha rodoviária pode ter sido motivado pela vantagem do sistema em oferecer economia nos investimentos, entretanto há os benefícios de desempenho do pavimento, os quais os usuários usufruem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1962). *The AASHTO Road Test: Report 5 – Pavement research – Special Report 61 E*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- BARELLA, R. M. (2008). *Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais*. 362f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BENEVIDES, S. A. de S. (2006). *Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará*. 357f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. (2008). *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. 3º reimpressão. Rio de Janeiro. Petrobras e Abeda. 504f.
- CAMPOS, A.C.R. (2004). *Métodos de Previsão de desempenho de irregularidade longitudinal para pavimentos asfálticos: aplicação e proposição de critérios de ajuste*. 273 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CGRA (1965). CANADIAN GOOD ROAD ASSOCIATION. *A Guide to the Structural Design of Flexible and Rigid Pavement*. Ottawa, Canada.
- CHEN, J.; MENCHES, C. L.; KHWAJA, N. (2010). *Innovative Contracting Strategies for Transportation Maintenance Outsourcing*. Transportation Research Board., Washington.

- DALBEM, M.C.; BRANDÃO, L.; MACEDO-SOARES, T.D.L.A. (2010). *Avaliação econômica de projetos de transportes: melhores práticas e recomendações para o Brasil*. Revista de Administração Pública, n°44, páginas 87-117. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6918>. Acessado em 18 de julho de 2016.
- DNER (1998). *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 243f. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro.
- DNIT (2006). *Manual de Estudos de Tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf. Acessado em 18 de julho de 2016.
- DNIT (2008). *Projetos de CREMA 1ª Etapa*. 1 CD- ROM.
- DNIT (2009). *Estimativa do Volume Médio Diário – VMD – 2009*. Departamento de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/control-de-velocidade/vmda-2009.pdf>. Acessado em: 05 de fevereiro de 2016.
- DNIT (2010a). *Plano Nacional de Viação - 2010*. Departamento de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>. Acessado em: 12 de fevereiro de 2016.
- DNIT (2010b). *Projetos de CREMA 2ª Etapa*. 1 CD- ROM.
- DNIT (2011). *Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais*. Sistema de Gerência de Pavimentos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília
- DNIT (2012a). *Instrução de Serviço/DG nº 13 de 17 de fevereiro de 2012*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília. Disponível em: http://www.dnit.gov.br/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2012/instrucao-de-servico-n_01-de-17-02-12-dg.pdf. Acessado em março de 2016.
- DNIT (2012b). *Instrução de Serviço/DG nº 04 de 07 de março de 2012*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília. Disponível em: https://189.9.128.64/download/servicos/indices-de-reajustamentos-de-obras/copy_of_instrucao-de-servico-N-042012/instrucao-de-servico-n-04-2012-boletim-administrativo-n-010-de-05-a-09-03012.pdf. Acessado em 2014.
- DNIT (2013). *Custos médio gerenciais novembro/2013*. Disponível no site: www.dnit.gov.br. Acessado em 2014.
- FERREIRA, A.; SILVA, R.; SIMÕES, F. (2015). *Aplicação a Portugal do Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários da AASHTO*. 44ª Reunião Anual de Pavimentação e 18º Encontro Nacional da Conservação Rodoviária. Disponível em: http://www.sinicesp.com.br/44rapv/trabalhos/TrabalhoFinal_75.pdf. Acessado em 15/07/2016.
- FIESP (2008). *Proposta de política industrial para a construção civil-edificações*. Caderno 1. Departamento da Indústria da Construção, FIESP, São Paulo.
- FNE (2009). *Uma Proposta de Infra-Estrutura de Transportes para o Brasil – 2011 – 2014*. Nota Técnica. Federação Nacional dos Engenheiros, Brasília.
- HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Co. Malabar, Flórida.
- LERCH, R. L. (2002). *Previsão de irregularidade pós-recap em rodovias do RS: ajuste do modelo HDM-4*. 2002.93f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MIQUEL, M. P.; HENAO, J. P. (2007). *Análisis de inversiones en carreteras utilizando software HDM-4*. páginas 35-47. Revista de la Construcción. Volume 6 nº 1. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
- NAKAHARA, S. M. (2005). *Estudo do desenvolvimento de reforços de pavimentos asfálticos em via urbana sujeita a tráfego comercial pesado*. 306f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NASCIMENTO, D. M. (2005). *Análise comparativa de modelos de previsão de desempenho em pavimentos flexíveis*. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- NUNES, D. F. (2012). *Procedimento para análise de sensibilidade do programa HDM-4*. 2012. 216 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PETERSON, D.E., (1987), *Pavement Management Practices*. National Cooperative Research Program. *Synthesis of Highway Practice*, 135. Transportation Research Board, 139 p.
- PIARC (2010). *Manual do Usuário do Programa HDM-4*. 1 CD-ROM.
- QUEIROZ, C.A.V. (1981) *Performance prediction models for pavement management in Brazil*. Dissertation for Degree of Philosophy. University of Texas. Austin-Texas, USA.
- SALEH, M. F.; MAMLOUK, M.S.; OWUSU-ANTWI, E.B. (2000). *Mechanistic roughness model based on vehicle-pavement interaction*. Transportation Research Record, Washington D.C., n. 1699, p. 114-120.

- SAYERS, M.W.; GILLESPIE, T.D.; QUEIROZ, C.A.V. (1986). *The international road roughness experiment*. Transportation Research Record. Technical Paper 45. The World Bank. Washington, D.C.
- SERAFINI, L. (2006). *Critérios para priorização de intervenções de manutenção em Pavimentos Rodoviários*. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul.
- SONCIN, S. P. (2011). *Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos asfálticos com base em dados da rede de rodovias do estado da Bahia*. 241f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- YSHIBA, J. K. (2003) *Modelo de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

5. CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica realizada confirma que a matriz brasileira de transportes, comparada a de outros países, se encontra desequilibrada entre os modais, com forte dependência do modal rodoviário, sendo que para a eficiência operacional deste modal é necessária uma adequada infraestrutura. Mesmo com esse desequilíbrio entre os modais de transporte, as vias existentes não são maiores em extensão quando comparadas com os países desenvolvidos. Adicionalmente, tendo em vista que a maior parte dos 1,7 milhões de km de rodovias não é pavimentada, a conservação se torna um elemento preocupante e em evidência, pois é um fator econômico e de segurança.

Ao longo do tempo os investimentos em infraestrutura são variáveis, e que não acompanham o crescimento econômico do país, mais nos últimos anos houve uma retomada desses investimentos com o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). Quando há maiores investimentos em conservação, há também uma melhora nas condições das estradas. No Brasil, o setor público é o principal gerador e gestor de recursos destinados a manutenção rodoviária, já que é de sua responsabilidade conservar as rodovias seja de forma autônoma ou mediante concessões e parcerias público-privadas.

A gestão da manutenção rodoviária no cenário internacional tem utilizado indicadores de desempenho como parâmetros de controle para remunerar as empresas contratadas. Apesar do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) adotado tipos de contratos aplicados em outros países da América Latina como os Contratos de Restauração e Manutenção (CREMAs), ainda não se identifica um planejamento à longo prazo para a manutenção rodoviária e outros tipos de contratos ainda não aplicados.

Os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs) são a alternativa para que os gestores possam administrar os recursos com parâmetros de desempenho e de economia ao longo de um período determinado. Uma das ferramentas utilizadas em SGPs é o *software Highway Development and Management* (HDM-4), que permite a previsão de defeitos, desempenho e a avaliação econômica de projetos de manutenção.

Esta dissertação verificou, com a utilização do HDM-4, as melhores opções de projeto de manutenção por um estudo de caso de uma seção de rodovia federal, através de critérios de previsão de desempenho do pavimento e o indicador econômico, o Valor Presente Líquido (VPL). Com o propósito de analisar as influências do tráfego e de irregularidade inicial, as seções foram agrupadas em função dessas variáveis e tratadas individualmente em períodos de 10 e 20 anos, formando ao todo 12 cenários.

Mediante os resultados se verificou que a opção de projeto de manutenção mais econômica se manteve a mesma para o tráfego menor em todos os segmentos agrupados por intervalos de *International Roughness Index* (IRI) iniciais, o que não ocorreu o mesmo para o tráfego maior. Entre os cenários, os maiores valores de VPL foram nas seções de maior tráfego.

O volume de tráfego está relacionado com a ação de cargas e custos operacionais devido ao número de usuários da via. A progressão da irregularidade longitudinal está relacionada com a capacidade estrutural do pavimento, da qualidade na execução do pavimento e com o aparecimento de defeitos, e por isso também afeta diretamente os custos operacionais das rodovias, e conseqüentemente no índice econômico VPL.

Quanto à relação do IRI inicial se verificou que os valores do intervalo de IRI regular ($3,0 \leq \text{IRI} \leq 4,0$) foram os de menor VPL. Os intervalos com IRI inicial regular não tiveram os valores econômicos mais atrativos que os IRI iniciais em intervalo ruim. Essas situações podem servir como indicador dos locais que devem ser priorizados com as intervenções de manutenção planejadas e rever os projetos propostos para os segmentos com IRI regular.

As alternativas de projeto consideradas como melhores economicamente (1º Maior VPL) não apresentaram todos os seus valores de IRIs médios, no final do período de análise, menores do que os outros das alternativas subsequentes, não mostrando uma relação entre o fator econômico e o de desempenho. Entretanto, estas alternativas são as que apresentam menor dispersão de IRI médio, variando o seu intervalo de 2,11 a 2,78, se enquadrando na classificação considerada como IRI ótimo e bom, mesmo entre as de maior Volume Diário Médio (VDM) de tráfego. Existe uma tendência nas melhores alternativas de projeto, segundo o critério econômico, de manter a média de IRI com valores consideráveis bons. E para aquelas alternativas em que os resultados de VPL se encontram entre os mais atrativos e valores aproximados, os resultados de IRI ao longo do período pode ser utilizado como critério para a escolha da alternativa.

Os artigos apresentados indicam que a gestão da manutenção das rodovias compreende o planejamento dos serviços e os respectivos recursos necessários. As definições de um SGP, e as conseqüências da falta de aplicação de recursos em determinados período de vida útil da rodovia que o Artigo 1 retrata, são ilustrados com o estudo de caso do Artigo 3. Constatou-se que o estado-da-arte sobre as definições e aplicações dos SGPs, não coincide com o estado da prática para planejar orçamentos ou serviços no âmbito da conservação rodoviária federal.

Este estudo demonstra que o HDM-4 pôde servir de apoio nas decisões de programas de manutenção, atendendo o objetivo principal dessa dissertação, mas que devido ao levantamento

de dados necessários bem como das condicionantes de desempenho que se pode utilizar, o ideal é que essa ferramenta seja utilizada inserida em um SGP. Os resultados obtidos com a aplicação do HDM-4 podem servir de referência quando comparados com segmentos em condições semelhantes aos que foram utilizados.

Tendo em vista que a conservação rodoviária será sempre um assunto presente tanto para os usuários como para quem tem que administra-la, visando a evolução do presente estudo, sugere-se os seguintes temas para pesquisas futuras:

- Elaborar pesquisa através de questionários às concessionárias e departamentos estaduais de como estão gerenciando a sua manutenção rodoviária, incluindo o planejamento, sistemas, tipos de contratos e recursos financeiros, aproveitando o *know-how* dessas instituições, para análise e comparações;

- Aplicar o HDM-4 numa amostra com segmentos com características diferenciadas extrapolando os parâmetros que foram utilizados, visando avaliar os resultados obtidos na atual pesquisa;

- Após o término da calibração do HDM-4 em elaboração pelo DNIT, processar novamente os dados do Artigo 3 do estudo de caso, e realizar a análise e validação dos resultados;

- Utilizar os mesmos dados em outros *softwares* utilizados em SGPs de rodovias, que considerem outros modelos de previsão de defeitos e desempenho, e comparar com os resultados obtidos com o HDM-4.

REFERÊNCIAS

ALBANO, João Fortini. **Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade de pavimentos**. 2005. 232f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CNT. Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias de 2013**. Confederação Nacional de Transportes. Disponível pelo site: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paaginas/relGeral.aspx?origem=2>>. Acessado em 01 de abril de 2014.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2011.

GAO, Lu; Zhang, Zhanmin. **Robust Optimization for Managing Pavement Maintenance and Rehabilitation**. 87 th TRB Annual Meeting, 2008.

NUNES, Diego Frinhani. **Procedimento para análise de sensibilidade do programa HDM-4**. 2012. 216 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VIEIRA, Danielle Pinto Costa. **Análise econômica regional de projetos de infraestrutura rodoviária no Brasil**. 113f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Economicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

APÊNDICE A – DADOS DE CARACTERÍSTICAS DOS SEGMENTOS

Neste apêndice são expostas as capturas de telas do HDM-4 demonstrando os dados geométricos de um dos segmentos, detalhamento da frota para cada VDM e das condições climáticas, utilizados para o estudo de caso do Artigo 3. Entre os segmentos foi escolhido aleatoriamente um dos segmentos para demonstração dos dados geométricos e entre os veículos da frota escolhido o veículo leve automóvel e um veículo de carga denominado 3C2. Foram extraídos e inseridos os relatórios gerados pelo programa que resumem os dados de entrada que caracterizam todos os segmentos e da frota de veículos.

The screenshot shows the HDM-4 software interface. The main window displays a table of road segments with the following columns: ID, Description, Data Last Modified, Surface Class, Pavement Type, Length (km), Carriageway Width (m), Traffic Flow, Lanes, Shoulder Width (m), Speed Flow Type, and Traffic Flo Pattern. The selected section is 408+520 - 409+200 5400 AADT. A dialog box titled 'Section: 408+520 - 409+200 5400 AADT' is open, showing the following details:

Section Name:	408+520 - 409+200 5400 AADT
Section ID:	20D
Link Name:	
Link ID:	
Length:	0.68 km
Carriageway width:	7.2 m
Shoulder width:	2.5 m
Number of Lanes:	2
Speed flow type:	Rodovia2faixas Posto2
Traffic flow pattern:	Interurbano(SempreEste)
Climate zone:	Clima Umido/Subtropical Quente
Road class:	Secondary or main
Surface class:	Bituminous
Pavement Type:	Asphalt Mix on Asphalt Base
Traffic:	Motorised: 5400 AADT NMT: 0 AADT Year: 2010 Flow direction: Two-way

The screenshot shows the 'Geometry' tab of the 'Section: 408+520 - 409+200 5400 AADT' dialog box. The following details are visible:

Rise + Fall:	17.5 m/km
Avg horiz curvature:	187.5 deg/km
Speed limit:	70 km/h
Altitude:	258 m
Drain type:	No drain - but required

The screenshot shows the 'Pavement' tab of the 'Section: 408+520 - 409+200 5400 AADT' dialog box. The following details are visible:

Surfacing	
Material type:	Asphaltic Concrete
Most recent surfacing thickness:	50 mm
Previous/old surfacing thickness:	80 mm
Strength	
Calculated Dry season model parameters	
SNP:	4.12 DEF: 0.67 mm
[1] Structural Number:	2.4533
Subgrade CBR: 8 %	
Dry Season Wet Season	
[2] Calculated SNP:	Calculate SNP...
Road base (for stabilised base only)	
Base thickness:	mm
Resilient modulus:	GPa

The total thickness of previous, underlying surface layers

Section: 408+520 - 409+200 5400 AADT

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Condition at end of year	2010
Roughness (IRI - m/km)	4.30
Total area of cracking (%)	1.00
Ravelled area (%)	18.00
Number of Potholes (No./km)	0.00
Edge break area (m ² /km)	10.00
Mean rut depth (mm)	5.00
Texture depth (mm)	0.50
Skid resistance (SCRIM 50km/h)	0.40
Drainage	Very poor

Add New Year
Delete Year
Sort Years

Details... OK Cancel

Add a column for a new year of condition data

Normal Traffic Details

Motorised

Section Details
Name: 519+260 - 519+300 2285 AADT
AADT: 2285 Year: 2010

Growth Periods

Vehicle	Initial Composition (%)	Annual % increase from 2011
Automovel	44.99	3.00
Pickup	11.86	3.00
Caminhão 2C	5.64	3.00
Caminhão 3C	7.66	3.00
Caminhão 2C2	1.49	3.00
Caminhão 2S3	14.09	3.00
Caminhão 3C2	0.04	3.00

Add New Period
Delete Period
Edit Period...

OK Cancel

Normal Traffic Details

Motorised

Section Details
Name: 485+920 - 487+580 5400 AADT
AADT: 5400 Year: 2010

Growth Periods

Vehicle	Initial Composition (%)	Annual % increase from 2011
Automovel	46.14	3.00
Pickup	9.11	3.00
Caminhão 2C	9.00	3.00
Caminhão 3C	11.65	3.00
Caminhão 2C2	1.74	3.00
Caminhão 2S3	8.92	3.00
Caminhão 3C2	0.18	3.00

Add New Period
Delete Period
Edit Period...

OK Cancel

HDM-4 - [Vehicle Fleet: FROTA FEDERAL - Definition Data]

Workspace Fleet View Window Help

Name	Class	Data Last Modified	Base Type	Category
Automovel	Passenger Cars	01/01/2002	Car Medium	Motorised
Caminhão 2C	Trucks	01/01/2002	Truck Medium	Motorised
Caminhão 2C2	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 2S3	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 3C	Trucks	01/01/2002	Truck Heavy	Motorised
Caminhão 3C2	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 3C3	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 3S3	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 3T4	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Onibus 2C	Buses	01/01/2002	Bus Heavy	Motorised
Pickup	Utilities	01/01/2002	Delivery Vehicle Light	Motorised

Vehicle Attributes: Automovel

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Name: Automovel

Base Type: Car Medium
Class: Passenger Cars
Category: Motorised

Description: medium passenger cars

Life Method: Constant Life Optimal Life

Calibration...
Reset Defaults

OK
Cancel

View vehicle attributes
Add New Vehicle Delete Edit Info

Save Close

For Help, press F1

Vehicle Attributes: Automovel

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Physical

Passenger Car Space Equiv: 1

No. of Wheels: 4

No. of Axles: 2

Tyres

Tyre type: Radial-ply

Base no. of recaps: 1,3

Retread cost: 0 %

Utilisation

Annual km: 20000 km

Working hours: 366,67 hrs

Average life: 20 years

Private use: 100 %

Passengers: 2 persons

Work related passenger-trips: 51 %

Loading

ESALF: 0

Operating weight: 1 tonnes

Calibration...
Reset Defaults

OK
Cancel

Passenger Car Space Equivalents factor (PCSE)

Vehicle Attributes: Automovel

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Vehicle resources

New vehicle: 20385,2

Replacement tyre: 134,97

Fuel: 1,58 per litre

Lubricating oil: 19,95 per litre

Maintenance labour: 19,24 per hour

Crew wages: 0 per hour

Annual overhead: 4587

Annual interest: 5 %

Time Value

Passenger working time: 10,6 per hour

Passenger non-working time: 10,42 per hour

Cargo: 0 per hour

All costs should be expressed in the fleet currency - Real

Calibration...
Reset Defaults

OK
Cancel

The average purchase cost of a new vehicle of this type

HDM-4 - [Vehicle Fleet: FROTA FEDERAL - Definition Data]

Workspace Fleet View Window Help

Name	Class	Data Last Modified	Base Type	Category
Automovel	Passenger Cars	01/01/2002	Car Medium	Motorised
Caminhão 2C	Trucks	01/01/2002	Truck Medium	Motorised
Caminhão 2C2	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 2S3	Trucks	01/01/2002	Truck Articulated	Motorised
Caminhão 3C	Trucks	01/01/2002	Truck Heavy	Motorised
Caminhão 3C2	Trucks			
Caminhão 3C3	Trucks			
Caminhão 3S3	Trucks			
Caminhão 3T4	Trucks			
Onibus 2C	Buses			
Pickup	Utilities			

Vehicle Attributes: Caminhão 3C2

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Name: Caminhão 3C2

Base Type: Truck Articulated

Class: Trucks

Category: Motorised

Description: Caminhão trucado+reboque

Life Method: Constant Life Optimal Life

Calibration...
Reset Defaults

OK
Cancel

View vehicle attributes

+ Add New Vehicle - Delete 📁 Edit ⓘ Info 💾 Save 🚪 Close

Vehicle type's name

Vehicle Attributes: Caminhão 3C2

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Physical

Passenger Car Space Equiv: 1,91
 No. of Wheels: 18
 No. of Axles: 5

Tyres

Tyre type: Radial-ply
 Base no. of recaps: 1,3
 Retread cost: 23,99 %

Utilisation

Annual km: 40000 km
 Working hours: 1000 hrs
 Average life: 8 years

Private use: 0 %
 Passengers: 1 persons
 Work related passenger-trips: 100 %

Loading

ESALF: 6,8
 Operating weight: 35 tonnes

Calibration...
 Reset Defaults

OK
 Cancelar

Passenger Car Space Equivalents factor (PCSE)

Vehicle Attributes: Caminhão 3C2

Definition | Basic Characteristics | Economic Unit Costs

Vehicle resources

New vehicle: 201097
 Replacement tyre: 1033,55
 Fuel: 1,55 per litre
 Lubricating oil: 44,12 per litre

Maintenance labour: 19,24 per hour
 Crew wages: 12,21 per hour
 Annual overhead: 13082
 Annual interest: 5 %

Time Value

Passenger working time: 12,21 per hour
 Passenger non-working time: 0 per hour
 Cargo: 1,64 per hour

All costs should be expressed in the fleet currency - Real

Calibration...
 Reset Defaults

OK
 Cancelar

The average purchase cost of a new vehicle of this type

Climate Zone: Clima Umido/Subtropical Quente

Climate

Name: Clima Umido/Subtropical Quente

Moisture Classification: Humid
 Moisture Index: 60
 Duration of dry season: 0,25 (as a fraction of a year)
 Mean monthly precipitation: 175 mm

Temperature Classification: Subtropical - hot
 Mean temperature: 22 °C
 Avg. Temperature Range: 17 °C
 Days T > 32°C: 60 days
 Freeze Index: 0 C-days

Percentage Of Time Driven

on snow covered roads: 0 0<=PCTDS<=100
 on water covered roads: 10 0<=PCTDW<=100

OK
 Cancel
 Defaults...

The name of this Climate Zone

HDM - 4 Vehicle Fleet - Basic

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM5400 20ANOS BR-285/RS

Run Date: 05-05-2016

Motorised Vehicle Types:

Name	Base Type	PCSE	No. of Wheels	No. of Axles	Tyre Type	Tyre Base Recaps	Tyre Retread Cost (%)	Annual Km	Annual Work Hours	Avg Life	Private Use (%)	Pass- engers	Work Related Trips (%)	ESALF	Oper. Weight (t)	Life Model
Automovel	Medium Car	1,00	4	2	Radial ply	1,30	0,00	20,000	367	20	100	2	51,00	0,00	1,00	Optimal
Pickup	Light Delivery	1,13	4	2	Radial ply	1,30	0,00	20,000	367	20	100	2	67,00	0,00	1,05	Optimal
CaminhOo 2C	Medium Truck	1,41	6	2	Radial ply	1,30	41,68	30,000	750	8	0	1	100,00	2,94	16,15	Optimal
CaminhOo 3C	Heavy Truck	1,61	10	3	Radial ply	1,30	29,99	30,000	750	8	0	1	100,00	2,29	17,56	Optimal
CaminhOo 2C2	Medium Truck	1,87	14	4	Radial ply	1,30	29,99	40,000	1,000	8	0	1	100,00	9,70	35,00	Optimal
CaminhOo 2S3	Articulated Truck	1,85	18	5	Radial ply	1,30	25,46	61,000	1,525	8	0	1	100,00	4,48	48,30	Optimal
CaminhOo 3C2	Articulated Truck	1,91	18	5	Radial ply	1,30	29,99	40,000	1,000	8	0	1	100,00	6,80	35,00	Optimal
CaminhOo 3C3	Articulated Truck	1,91	22	6	Radial ply	1,30	29,99	40,000	1,000	8	0	1	100,00	6,15	35,00	Optimal
CaminhOo 3S3	Articulated Truck	1,85	22	6	Radial ply	1,30	25,46	61,000	1,525	8	0	1	100,00	3,83	48,00	Optimal
CaminhOo 3T4	Articulated Truck	1,94	26	7	Radial ply	1,30	25,46	40,000	1,000	8	0	1	100,00	5,50	57,00	Optimal
Onibus 2C	Heavy Bus	1,55	6	2	Radial ply	1,30	29,99	66,000	1,375	17	0	22	100,00	2,94	17,00	Optimal

HDM - 4 Vehicle Fleet - Economic

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM5400 20ANOS BR-285/RS

Run Date: 05-05-2016

Currency: To be completed

Motorised Vehicle Types:

Name	Base Type	New Vehicle	Replace Tyre	Fuel (per litre)	Lubr. Oil (per litre)	Maint Labour (per hr)	Crew Wages (per hr)	Annual Overhead	Annual Interest (%)	Passenger Work Time (per hr)	Passenger Non-Work (per hr)	Cargo Holding (per hr)
Automovel	Medium Car	20,385	135	1,58	19,95	19,24	0,00	4,587	5,00	10,60	10,42	0,00
Pickup	Light Delivery	26,280	135	1,58	19,95	19,24	0,00	5,680	5,00	11,90	9,20	0,00
CaminhOo 2C	Medium Truck	104,692	587	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	0,37
CaminhOo 3C	Heavy Truck	134,547	1,034	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	0,74
CaminhOo 2C2	Articulated Truck	177,245	1,034	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	0,00
CaminhOo 2S3	Articulated Truck	206,926	1,278	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	1,49
CaminhOo 3C2	Articulated Truck	201,097	1,034	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	1,64
CaminhOo 3C3	Articulated Truck	196,966	1,034	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	1,64
CaminhOo 3S3	Articulated Truck	309,296	1,278	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	1,64
CaminhOo 3T4	Articulated Truck	320,447	1,278	1,55	44,12	19,24	12,21	13,082	5,00	12,21	0,00	0,00
Onibus 2C	Heavy Bus	252,106	1,034	1,55	44,12	19,24	17,90	13,325	5,00	14,53	6,71	0,00

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

87D / 508+560 - 511+980 2285 AADT

Definition

Section name: 508+560 - 511+980 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2.50 m
Section ID: 87D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 3,42 m	AADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 3,00 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 6,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 8,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness enviv coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page

93D / 519+260 - 519+900 2285 AADT

Definition

Section name: 519+260 - 519+900 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 93D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 0,64 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 2,50 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 25,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

66D / 485+920 - 487+580 5400 AADT

Definition

Section name: 485+920 - 487+580 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 66D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 1,66 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 70 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 2,60 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 5,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envir coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page

71D / 491+260 - 492+060 5400 AADT

Definition

Section name: 491+260 - 492+060 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 71D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 0,80 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 80 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 2,70 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 5,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page

72D / 492+060 - 493+260 5400 AADT

Definition

Section name: 492+060 - 493+260 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 72D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 1,20 m	AADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 80 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 2,70 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 3 A 4 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

93E / 506+220 - 506+960 2285 AADT

Definition

Section name: 506+220 - 506+960 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 93E	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 0,74 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 3,30 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type: Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envir coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page**96E / 507+780 - 508+560 2285 AADT****Definition**

Section name: 507+780 - 508+560 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 96E	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 0,78 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 3,50 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 3 A 4 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

64D / 484+540 - 485+420 5400 AADT

Definition

Section name: 484+540 - 485+420 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 64D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2Faixas	Length: 0,88 m	AADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 70 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 3,20 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type: Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness enviv coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page**65D / 485+420 - 485+920 5400 AADT****Definition**

Section name: 485+420 - 485+920 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 65D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 0,50 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 70 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 3,80 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

212E / 669+140 - 670+180 2285 AADT

Definition

Section name: 669+140 - 670+180 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 212E	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMGB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 1,04 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 4,70 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envir coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page**97E / 508+560 - 509+200 2285 AADT****Definition**

Section name: 508+560 - 509+200 2285 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 97E	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 2.285
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto3	Length: 0,64 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 249 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 60 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 5,70 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Road Sections - Section per Page

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

20D / 408+520 - 409+200 5400 AADT

Definition

Section name: 408+520 - 409+200 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 20D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 0,68 m	AADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 80 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 4,30 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 1,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 18,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type: Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness enviv coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page**63E / 466+960 - 467+540 5400 AADT****Definition**

Section name: 466+960 - 467+540 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 63E	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 0,58 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 80 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 4,40 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 17,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

HDM-4 Road Sections - Section per Page

74D / 493+780 - 494+380 5400 AADT

Definition

Section name: 493+780 - 494+380 5400 AAD	Climate zone: Clima Umido/Subtropical Qi	Shoulder width: 2,50 m
Section ID: 74D	Road class: Secondary or main	Number of lanes: 2
Link name:	Surface class: Bituminous	Motorised AADT: 5.400
Link ID:	Pavement type: AMAB	NM AADT: 0
Speed flow type: Rodovia2faixas Posto2	Length: 0,60 m	AAADT year: 2010
Traffic flow pattern: Interurbano(SempreEste)	Cway width: 7,20 m	Flow direction: Two-way

Geometry

Rise + fall: 18 m/km	Speed limit: 70 km/h	Drain type: Fully Lined and Linked
Avg horiz curvature: 188 deg/km	Altitude: 258 m	

Pavement

Material type: Asphalt Concrete (AC)	Last constr year: 1975	Last prevent year: 2010
Current surface: 50 mm	Last rehab year: 2004	Base thickness: 200 mm
Previous surface: 80 mm	Last surface year: 2010	Resilient modulus: 15,00 GPa

Condition

Condition year: 2010	Number of potholes: 0 per km	Texture depth: 0,50 mm
IRI: 4,00 m/km	Edge break: 10,00 m ² /km	Skid resistance: 0,40
Total area cracking: 0,00 %	Mean rut depth: 5 mm	Drainage: Excellent
Ravelled area: 0,00 %		

Speed related

Num rises & falls: 1 no./km	XNMT: 1,00	XMT: 1,00
Superelevation: 2,00 %	XFRI: 1,00	Speed limit enforcement: 1,10
Sigma adral: 0,10 m/s ²		

Drainage, Shoulders and NMT Lanes

Num shoulders: 2	Drain life calibration factor: 1,00	Num NMT lanes: 0
Edge step: 10 mm	Separate NMT lanes: No	NMT lane surface type : Bituminous
Drainage factor: 1,00		

History

Surface defect CDS: 1,00	Relative compaction: 97 %	Prev area wide cracking: 0 %
Base defect CDB: 0,00	Prev structural cracking: 0 %	Prev trans thermal cracks: 0 no./km

Surface Distress Calibration

Struct cracking init: 1,00	Struct cracking prog: 1,00	Dist all struct cracking: 100 %
Wide cracking init: 1,00	Wide cracking prog: 1,00	Dist trans thermal cracking: 0 %
Trans cracking init: 1,00	Trans cracking prog: 1,00	Dist wide struct cracking: 0 %
Ravelling init: 1,00	Ravelling prog: 1,00	Cracking retardation time: 0 years
Pothole init: 1,00	Pothole prog: 1,00	Ravelling retardation time: 1,00
Edge break init: 1,00	Time lapse to patching: 12 months	

Surface Texture Calibration

Texture depth: 1,00	Skid resistance: 1,00	Speed effects: 1,00
---------------------	-----------------------	---------------------

Structural Defects Calibration

Rut init densification: 1,00	% vehicles studded tyres: 0 %	Roughness envr coeff: 1,00
Struct deterioration: 1,00	Salt used on road: No	Roughness progression: 1,00
Plastic deformation: 0,00	SN seasonal effects: 1,00	Effective no. of lanes: 2,00
Surface wear: 1,00	SN due to cracking: 1,00	

APÊNDICE B – TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

As telas do HDM-4 de cadastramento de alguns trabalhos de manutenção, utilizados nas alternativas de projeto no Artigo 3, foram capturadas e estão sendo demonstradas neste apêndice.

Maintenance Standard: M+CPA4 em 2011

General

Name: M+CPA4 em 2011

Short code: CPA4

Surface class: Bituminous

Work Items

CAMADA POROSA DE 4 CM	CPA4
DISP. DRENAGEM	DR
REPARO+REMENDO	RR
ROÇADA+CAPINA+CAIAÇÃO+OUTROS	RCC

Buttons: Add New Work Item..., Copy Work Item, Delete Work Item, Edit...

The name of this maintenance standard

Maintenance Works Item: CAMADA POROSA DE 4 CM

General

Name: CAMADA POROSA DE 4 CM

Short code: CPA4

Surface: Bituminous

Feature type: Carriageway

Operation: Overlay open-graded asphalt

Intervention type: Scheduled Responsive

Buttons: OK, Cancelar, Aplicar

The name of this works item

Maintenance Works Item: CAMADA POROSA DE 4 CM

General Design Intervention Costs Effects

Surface material: Porous Asphalt

Thickness of new surfacing: 40 mm

Dry season Strength coefficient: 0,25

Depth of milling: 0 mm

Area of carriageway to inlay: 50 %

Construction Defect Indicators

Bituminous surfacing: 1 0.5 <= CDS <= 1.5

Buttons: OK, Cancelar, Aplicar

Material for the new surface layer

Maintenance Works Item: CAMADA POROSA DE 4 CM

General Design Intervention Costs Effects

Intervention criteria

Time Interval: 1 Years

Limits

Last year:	2011	year	Minimum	Maximum
Max. roughness:	20	IRI (m/km)	Interval: 1	9999
Max. quantity:	5000	m²/km/year	AADT: 0	100000

Buttons: OK, Cancelar, Aplicar

Frequency at which the work item will be performed (ie. every X years/days)

Maintenance Works Item: CAMADA POROSA DE 4 CM

General Design Intervention Costs Effects

Economic Financial

Unit cost: 32,39 47,19 per m²

Unit Costs Of Preparatory Works

Spot Patching:	0	0	per m²
Patching:	0	0	per m²
Edge-repair:	0	0	per m²
Crack sealing:	0	0	per m²

Drainage

Drainage maintenance cost factor: 0 0 <= DMCF <= 1

Buttons: OK, Cancelar, Aplicar

Economic unit cost of works

Maintenance Standard: M+F5(100%)-RB(FS) + TSD

General

Name: OK Cancel

Short code:

Surface class:

Work Items

F5(100%)-RB+TSD	F5100%	Add New Work Item...
DISP. DRENAGEM	DR	Copy Work Item
REPAROS+REMENDOS	RR	Delete Work Item
ROÇADA+CAPINA+CAIAÇÃO E OUTROS	RCC	Edit...

The name of this maintenance standard

Maintenance Works Item: F5(100%)-RB+TSD

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Name:

Short code:

Surface: Bituminous

Feature type: Carriageway

Operation: Mill and Replace

Intervention type: Scheduled Responsive

OK Cancel Aplicar

The name of this works item

Maintenance Works Item: F5(100%)-RB+TSD

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Surface material:

Thickness of new surfacing: mm

Dry season Strength coefficient:

Depth of milling: mm

Area of carriageway to mill: %

Construction Defect Indicators

Bituminous surfacing: 0.5 <= CDS <= 1.5

OK Cancel Aplicar

Material for the new surface layer

Maintenance Works Item: F5(100%)-RB+TSD

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Intervention criteria

Time Interval: Years

Limits

Last year:	<input type="text" value="2099"/> year	Interval:	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="9999"/> year(s)
Max. roughness:	<input type="text" value="15"/> IRI (m/km)	AADT:	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="100000"/>
Max. quantity:	<input type="text" value="5000"/> m ² /km/year		

OK Cancel Aplicar

Frequency at which the work item will be performed (ie. every X years/days)

Maintenance Works Item: F5(100%)-RB+TSD

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Economic Financial

Unit cost: per m²

Unit Costs Of Preparatory Works

Spot Recraveling:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	per m ²
Patching:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	per m ²
Edge repair:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	per m ²
Crack sealing:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	per m ²

Drainage

Drainage maintenance cost factor: 0 < D/MCF <= 1

OK Cancel Aplicar

Economic unit cost of works

Maintenance Works Item: DISP. DRENAGEM

General | Intervention | Costs

Name:

Short code:

Surface: Bituminous

Feature type: Carriageway

Operation: Drainage

Intervention type: Scheduled Responsive

OK Cancel Aplicar

The name of this works item

Maintenance Works Item: DISP. DRENAGEM

General | Intervention | Costs

Intervention criteria

Time Interval: Years

Limits

Last year:	<input type="text" value="2099"/> year	Interval:	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="9999"/> year(s)
Max. roughness:	<input type="text" value="16"/> IRI (m/km)	AADT:	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="100000"/>
Max. quantity:	<input type="text" value="5000"/> m ² /km/year		

OK Cancel Aplicar

Frequency at which the work item will be performed (ie. every X years/days)

Maintenance Works Item: DISP. DRENAGEM

General | Intervention | Costs

Economic Financial
Unit cost: 1965.42 2863.41 per km

Unit Costs Of Preparatory Works:

Spot Recavalling:	0	0	per m ²
Patching:	0	0	per m ²
Edge-repair:	0	0	per m ²
Crack sealing:	0	0	per m ²

Drainage
Drainage maintenance cost factor: 1 0 < DMCF <= 1

OK Cancel Aplicar

Economic unit cost of works

Maintenance Works Item: REPAROS-REMENDOS

General | Intervention | Costs | Effects

Name: REPAROS-REMENDOS
Short code: RR
Surface: Bituminous
Feature type: Carriageway
Operation: Patching
Intervention type: Scheduled
 Responsive

OK Cancel Aplicar

The name of this work item

Maintenance Works Item: REPAROS-REMENDOS

General | Intervention | Costs | Effects

Intervention criteria
Time Interval: 1 Years

Limits
Last year: 2099 year
Max. roughness: 16 IRI (m/km) Interval: 1 9999 year(s)
Max. quantity: 5000 m²/km/year AADT: 0 100000

OK Cancel Aplicar

Frequency at which the work item will be performed (ie. every X years/days)

Maintenance Works Item: REPAROS-REMENDOS

General | Intervention | Costs | Effects

Economic Financial
Unit cost: 79.82 116.01 per m²

Unit Costs Of Preparatory Works:

Spot Recavalling:	0	0	per m ²
Patching:	0	0	per m ²
Edge-repair:	0	0	per m ²
Crack sealing:	0	0	per m ²

Drainage
Drainage maintenance cost factor: 1 0 < DMCF <= 1

OK Cancel Aplicar

Economic unit cost of works

Maintenance Works Item: REPAROS-REMENDOS

General | Intervention | Costs | Effects

Percentage Of Distress Repaired

- Severely damaged area: 100 %
- Potholing only: 100 %
- Wide structural cracking only: 100 %
- Ravelling only: 100 %

OK Cancel Aplicar

Patch potholes only

Maintenance Standard: PATO em 2016

General

Name: PATO em 2016
Short code: PATO3
Surface class: Bituminous

Work Items

RECAPE 4 CM	CAPA4	Add New Work Item...
DISP. DE DRENAGEM	DRPATO	Copy Work Item
REPAROS-REMENDOS	RRPATO	Delete Work Item
ROÇADA-CAPINA+CAIAÇÃO E OUTROS	RCCPAT	Edit...

OK Cancel

List of maintenance work items associated with this standard

Maintenance Works Item: RECAPE 4 CM

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Name: RECAPE 4 CM
Short code: CAPA4
Surface: Bituminous
Feature type: Carriageway
Operation: Thin Overlay
Intervention type: Scheduled
 Responsive

OK Cancel Aplicar

The name of this work item

Maintenance Works Item: RECAPE 4 CM

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Surface material: Asphaltic Concrete

Thickness of new surfacing: 40 mm

Dry season Strength coefficient: 0,25

Depth of milling: 0 mm

Area of cartageaway to inlay: 50 %

Construction Defect Indicators

Bituminous surfacing: 0,5 0,5 <= CDS <= 1,5

OK Cancelar Aplicar

Material for the new surface layer

Maintenance Works Item: RECAPE 4 CM

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Responsive Criteria

Roughness >= 3 IRI

Add New Criterion...
Delete
Edit...

Limits

Last year: 2099 year

Max. roughness: 16 IRI (m/km)

Max. quantity: 5000 m²/km/year

Interval: 1 Minimum 9999 Maximum year(s)

AADT: 0 100000

OK Cancelar Aplicar

Add an intervention criterion to this improvement standard

Maintenance Works Item: RECAPE 4 CM

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Economic Financial

Unit cost: 13,8 20,11 per m²

Unit Costs Of Preparatory Works

Spot Retravelling: 0 0 per m²

Patching: 0 0 per m²

Edge-repair: 0 0 per m²

Crack sealing: 0 0 per m²

Drainage

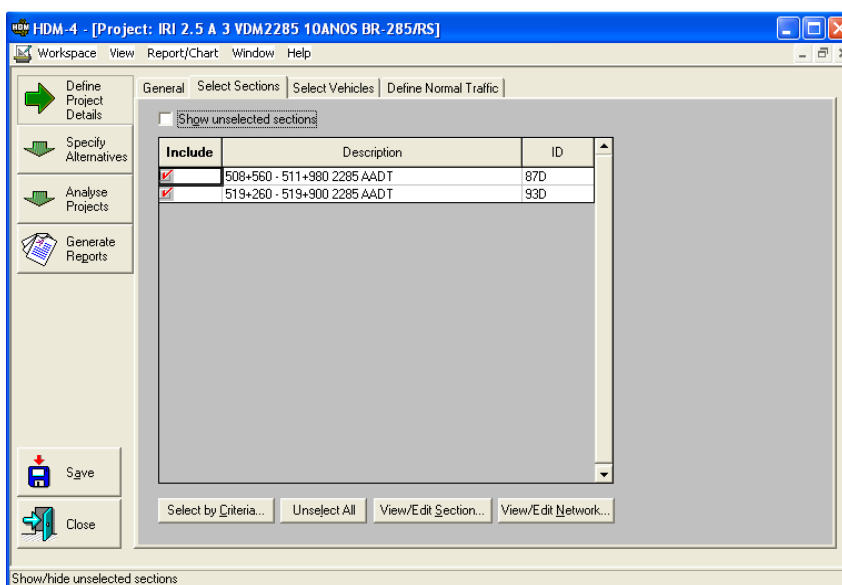
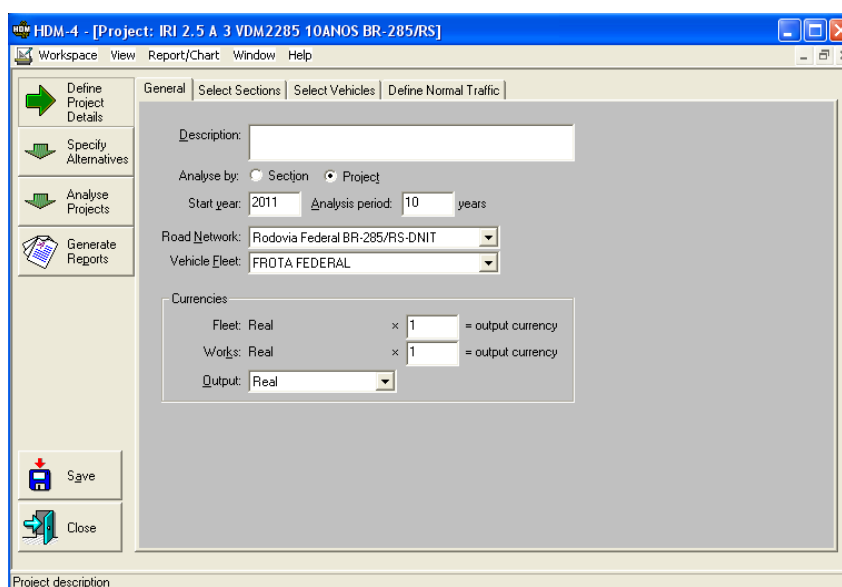
Drainage maintenance cost factor: 0 <= Dm/CF <= 1

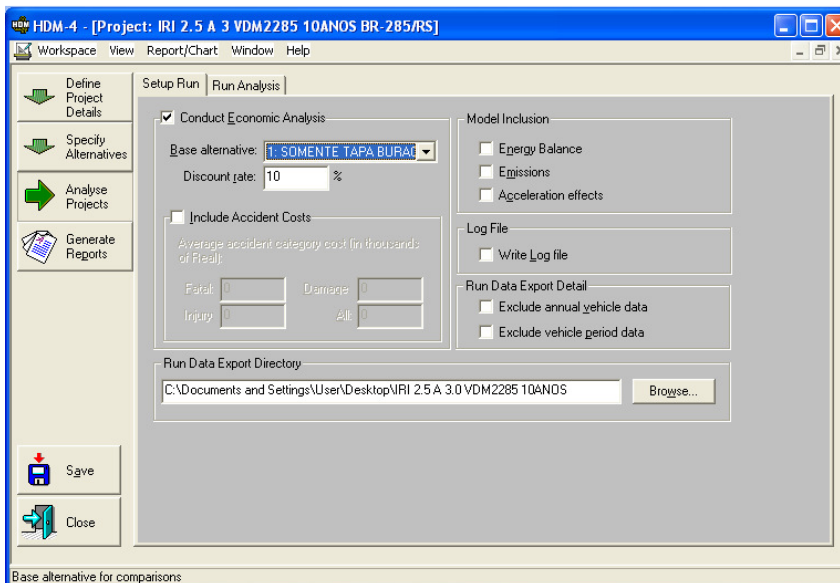
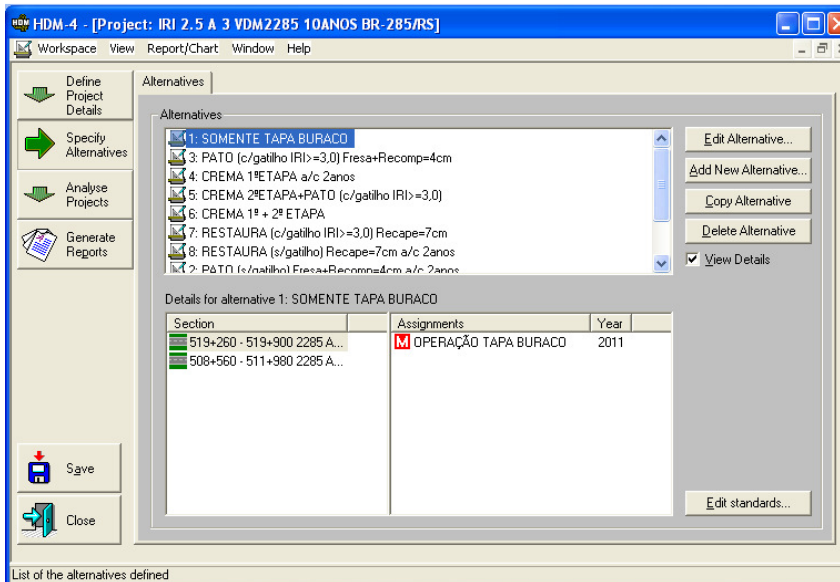
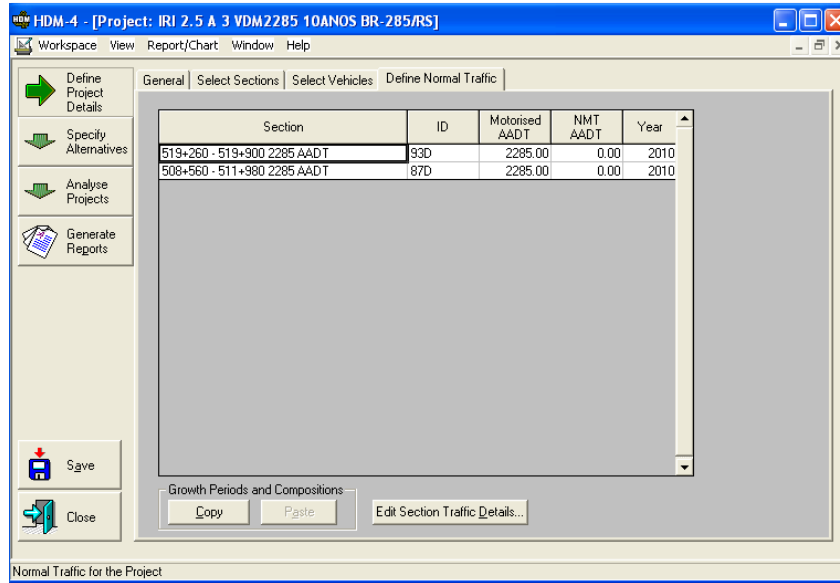
OK Cancelar Aplicar

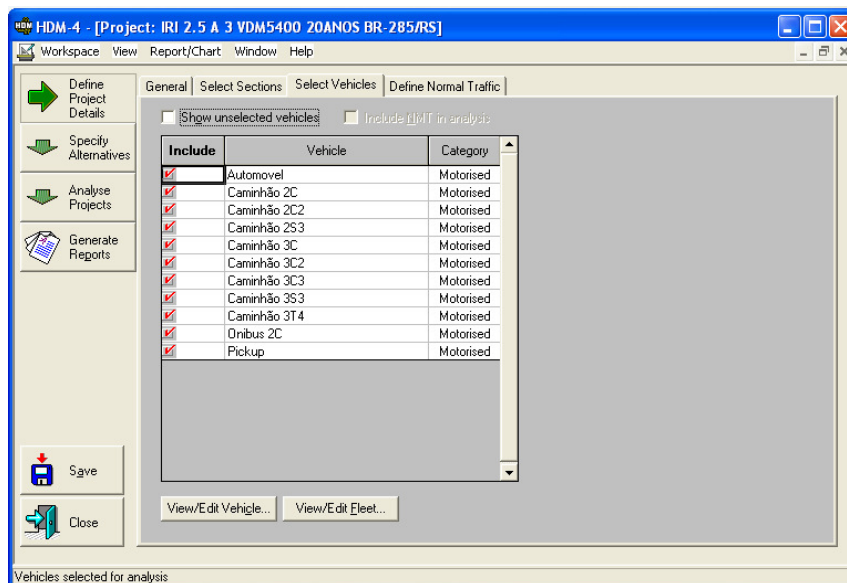
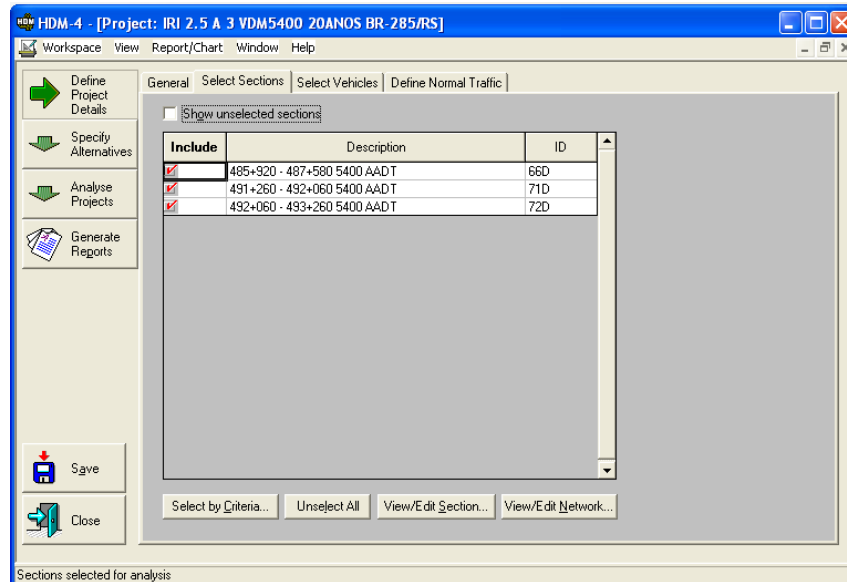
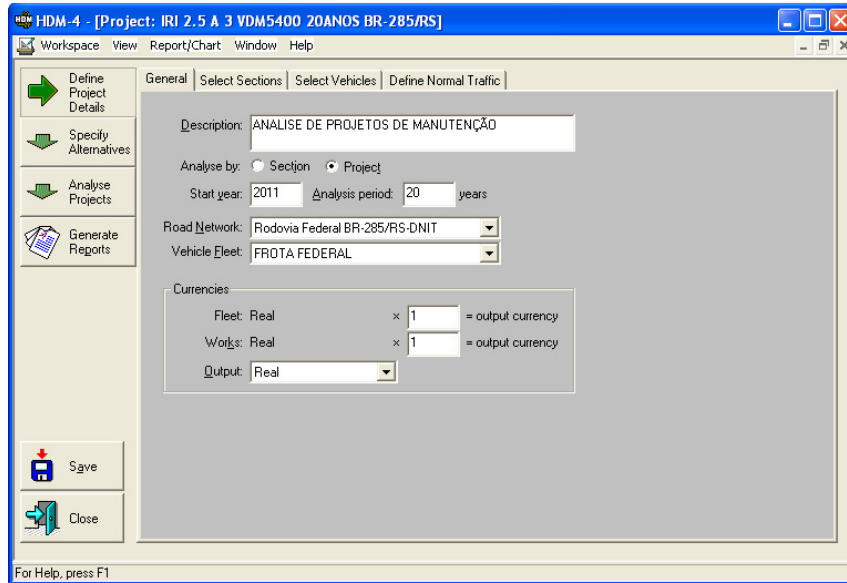
Economic unit cost of works

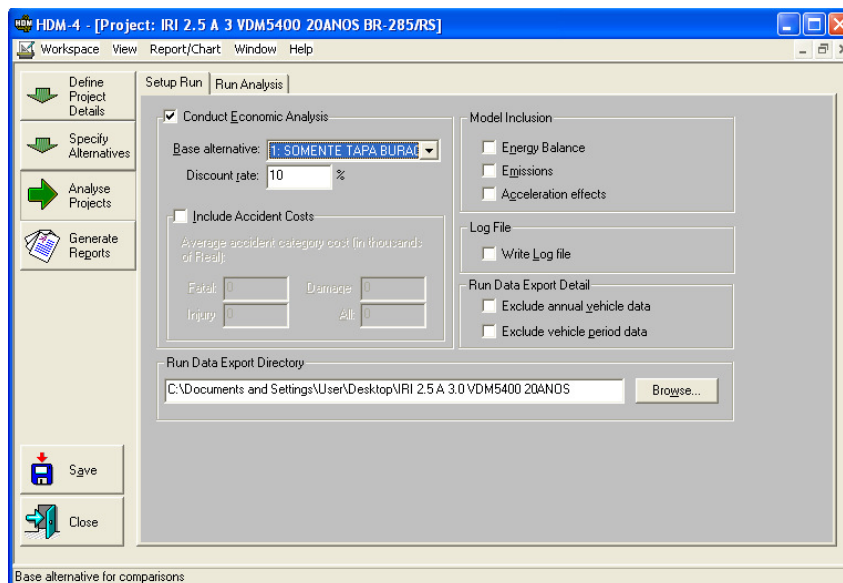
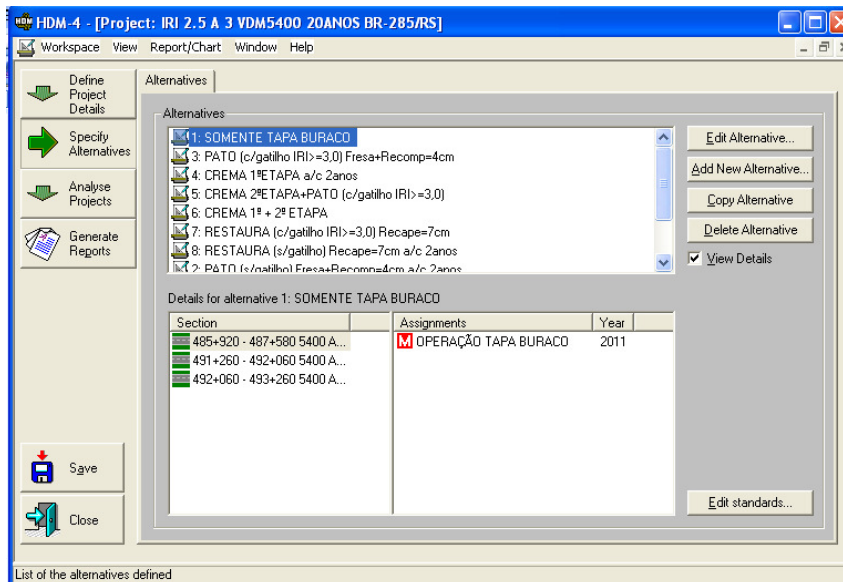
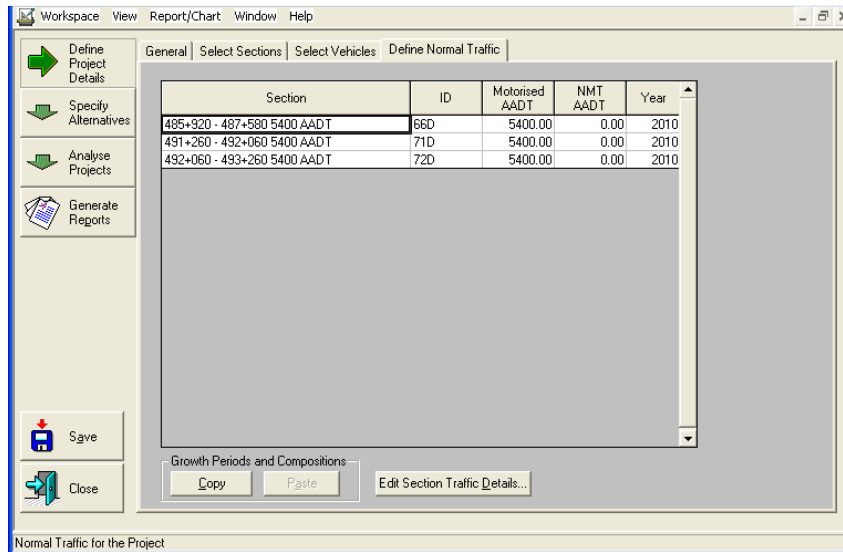
APÊNDICE C – ANÁLISE DOS PROJETOS

Neste apêndice foram capturadas as telas do HDM-4 para cada etapa que antecederam o processamento da análise de cada grupo de segmentos, quanto a previsão de desempenho e cálculo dos indicadores econômicos, cujos resultados foram apresentados no Artigo 3. As telas demonstradas são de um dos projetos de escolhido de forma aleatória representando os demais, para o período de análise de 10 anos e o mesmo para 20 anos.









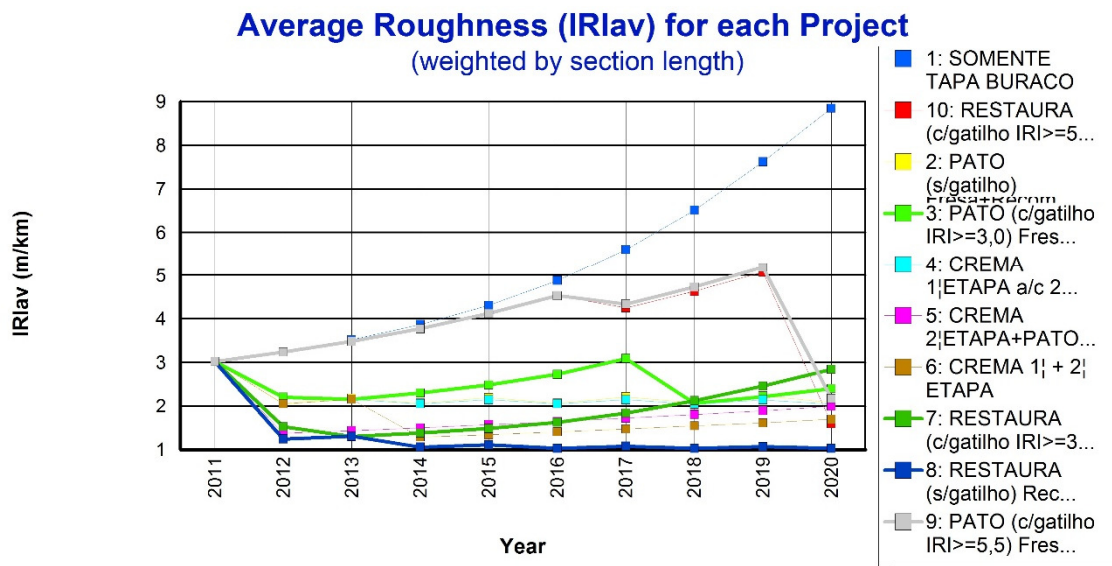
APÊNDICE D – RESULTADOS DE EVOLUÇÃO DE IRI POR PROJETO E DOS INDICADORES ECONÔMICOS

HDM - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM2285 10ANOS BR-285/RS

Run Date: 05-05-2016

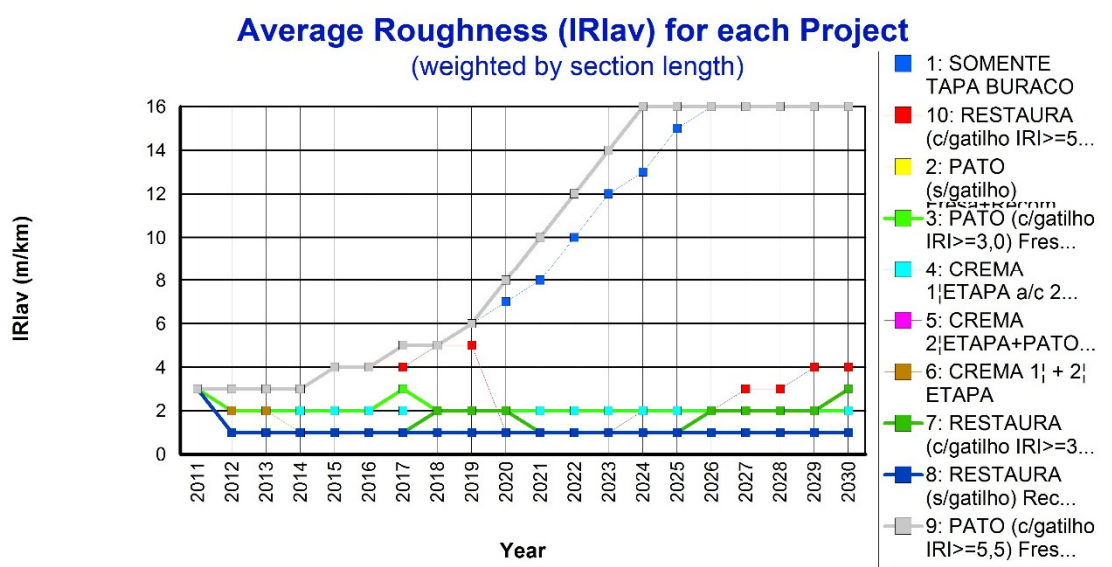


HDM - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM2285 20ANOS BR-285/RS

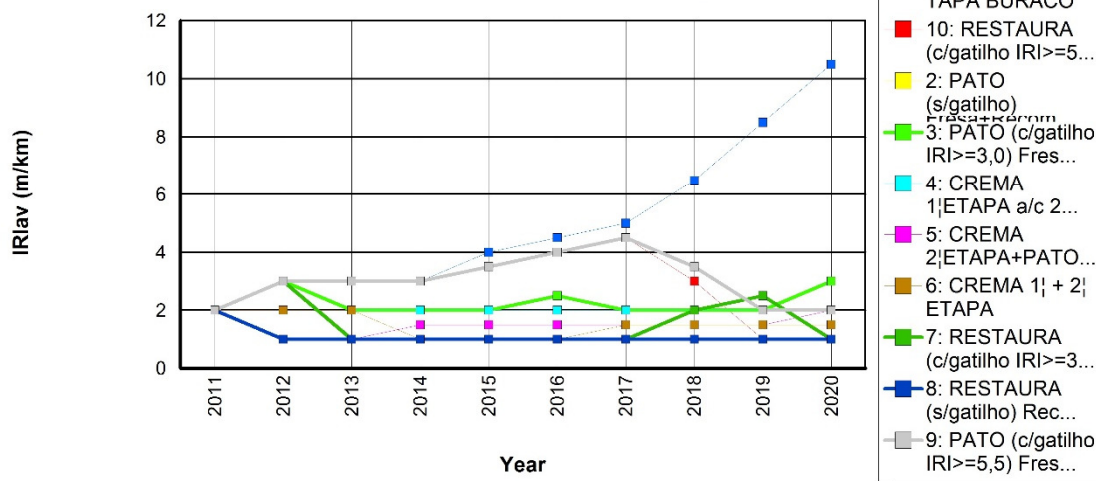
Run Date: 05-05-2016



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

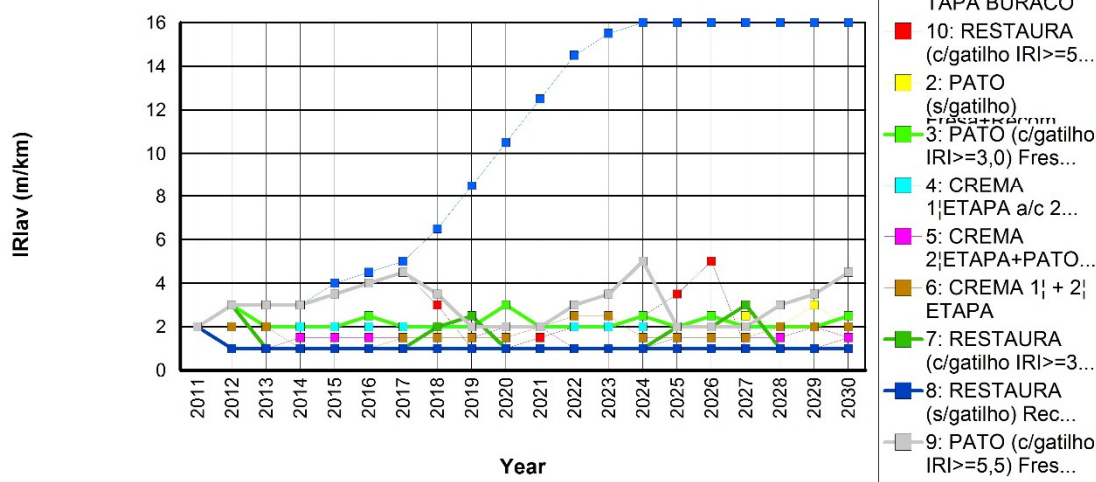
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM5400 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

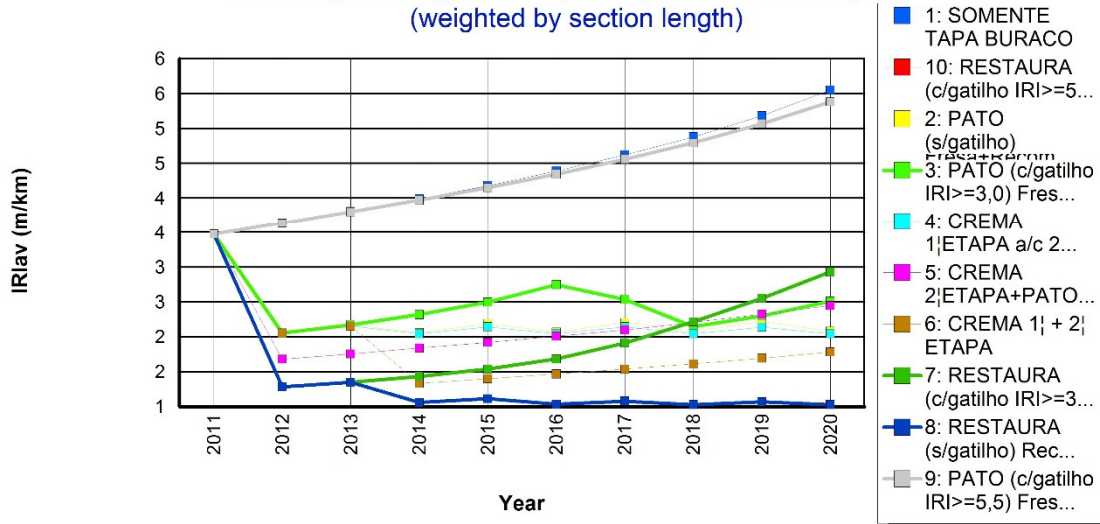
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 3 A 4 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

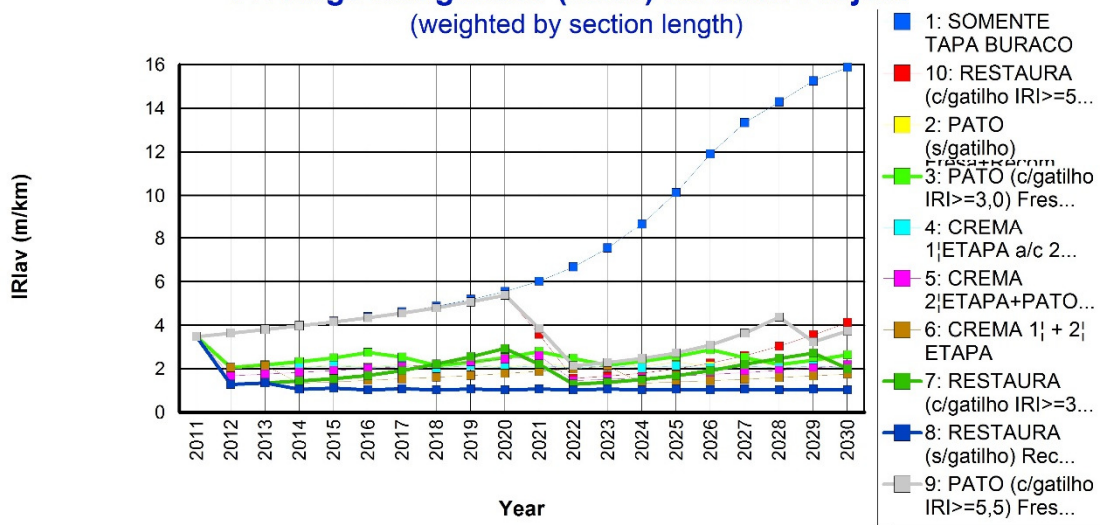
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 3 A 4 VDM2285 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

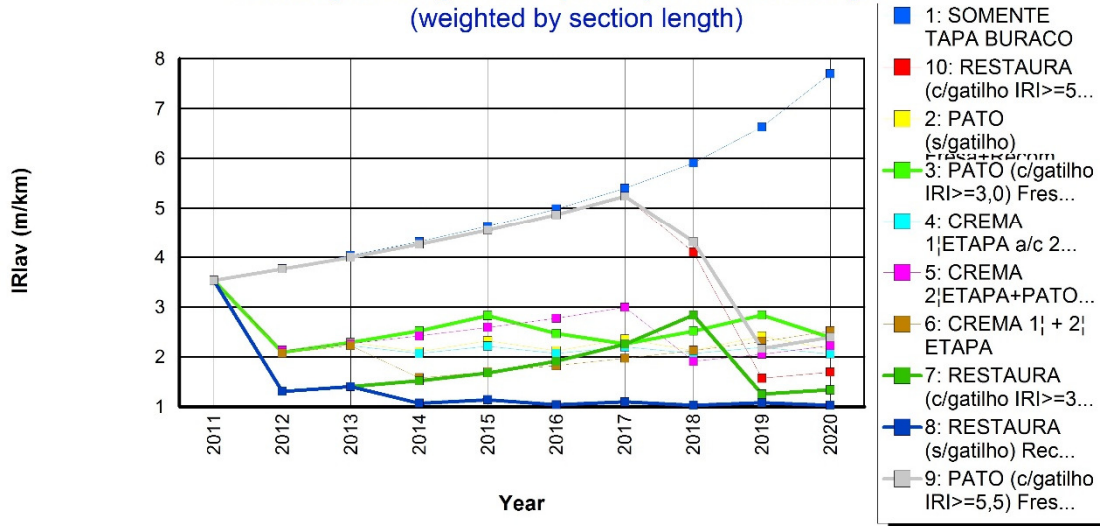
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 3 A 4 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

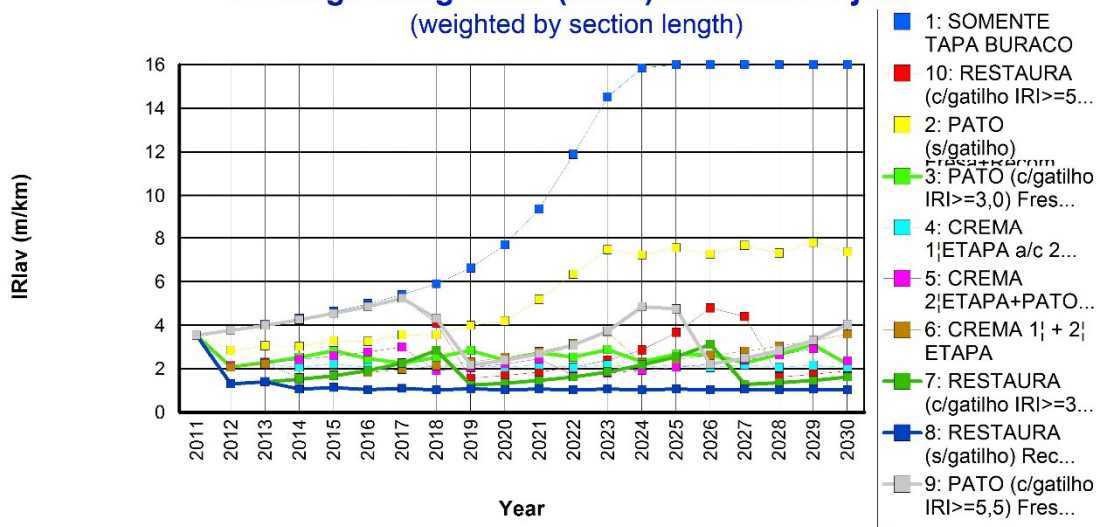
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 3 A 4 VDM5400 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

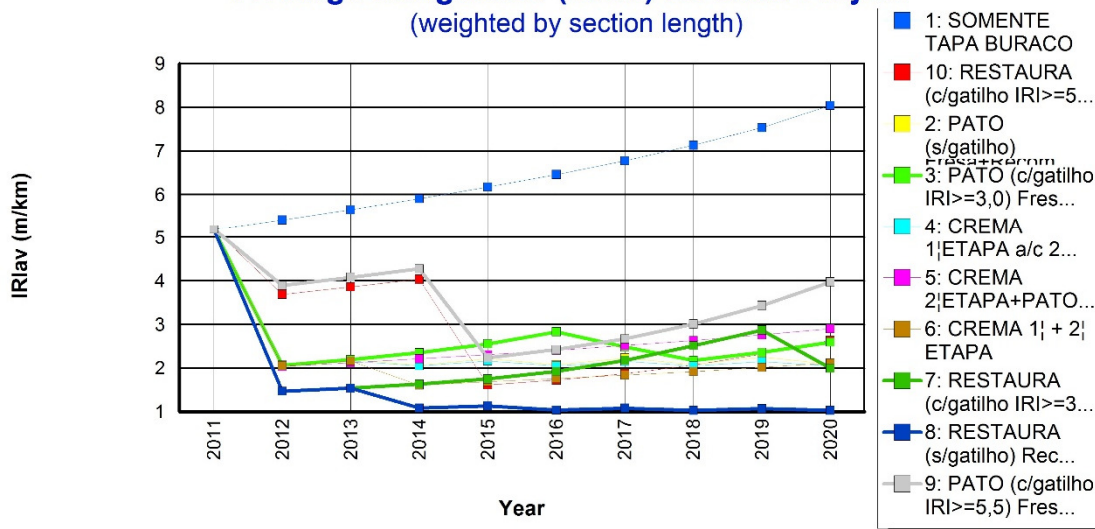
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

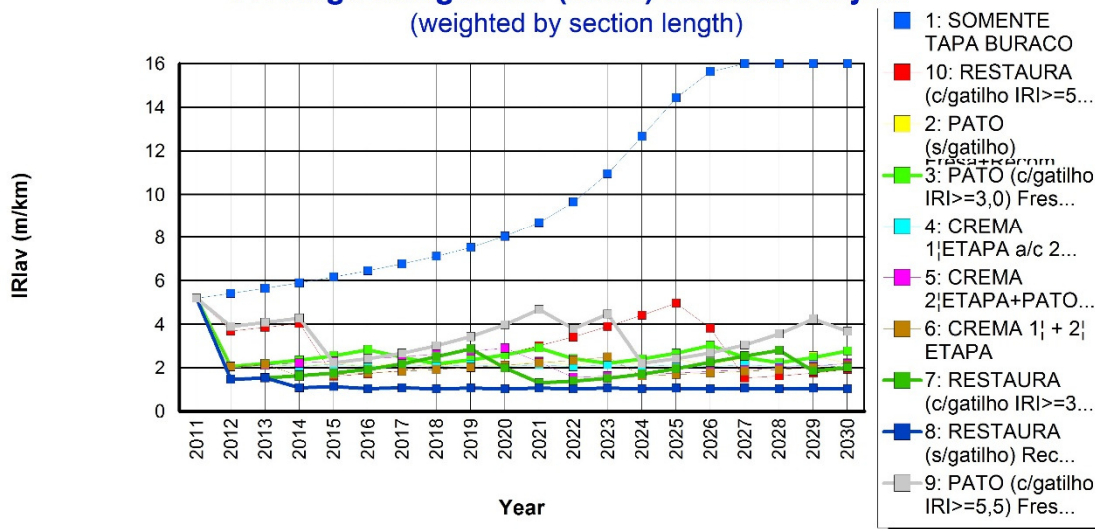
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM2285 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

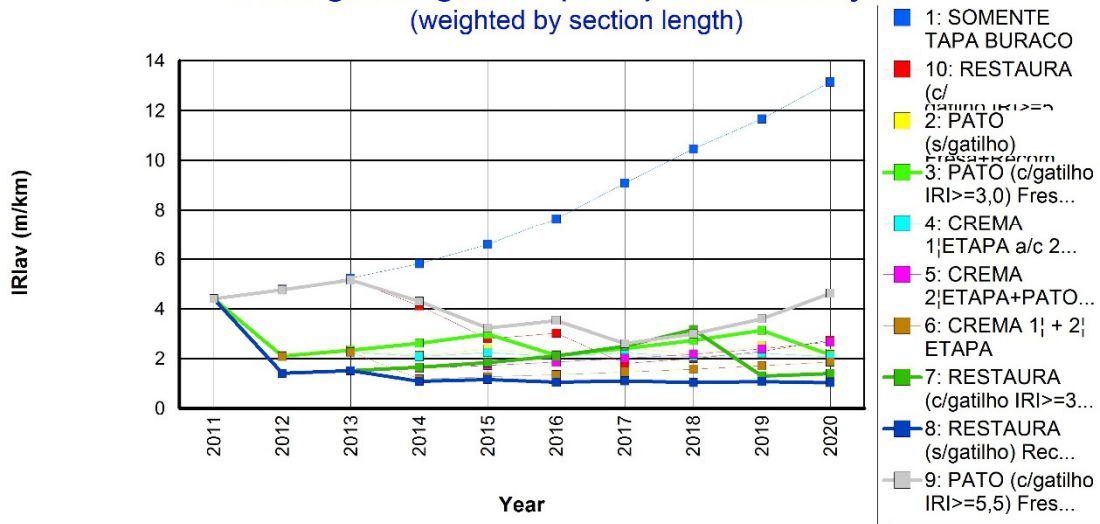
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

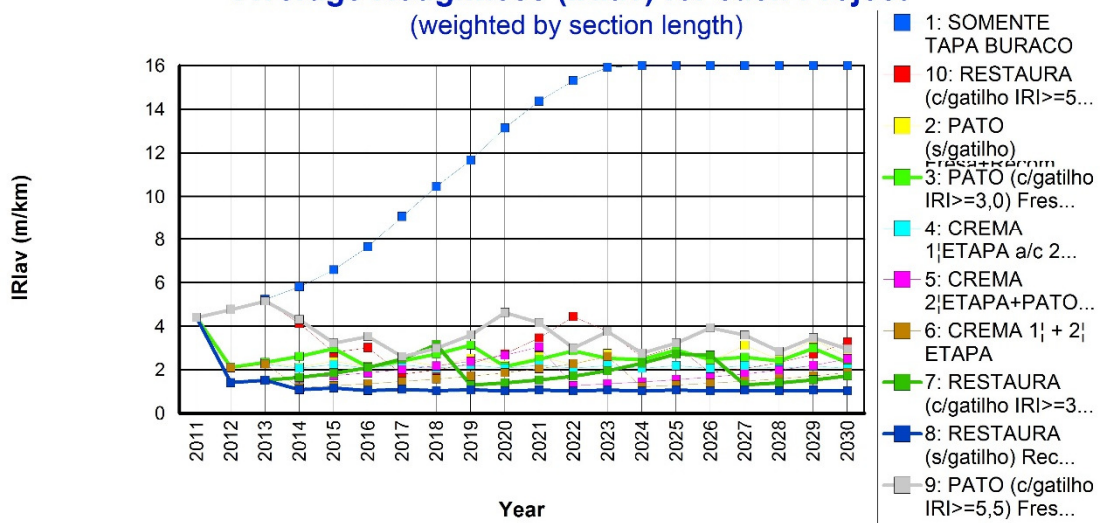
Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



Average Roughness by Project (Graph)

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM5400 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016

Average Roughness (IRI_{lav}) for each Project
(weighted by section length)



HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016
Currency: Real (millions)
Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	1.115	0.806	1.110	2.609	0.000	1.499	1,344	1,861	33,0 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	4.040	3.837	4.035	2.664	0.000	-1.371	-0,339	-0,357	-2,0 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	1.789	1.479	1.784	2.723	0.000	0.939	0,525	0,635	17,0 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	2.586	2.306	2.581	2.722	0.000	0.141	0,055	0,061	11,0 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	2.269	1.960	2.265	2.701	0.000	0.436	0,192	0,223	14,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	5.232	4.922	5.227	2.788	0.000	-2.439	-0,466	-0,496	-10,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	2.149	1.840	2.145	2.660	0.000	0.515	0,239	0,280	16,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.566	0.255	0.561	1.518	0.000	0.956	1,689	3,748	46,0 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.993	0.682	0.989	1.528	0.000	0.539	0,543	0,790	34,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 2.5 A 3 VDM2285 20ANOS BR-285/RS
Run Date: 05-05-2016
Currency: Real (millions)
Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	1.551	1.122	1.529	14.408	0.000	12.880	8,304	11,476	46,0 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	5.598	5.316	5.575	14.504	0.000	8.929	1,595	1,680	24,0 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	2.433	2.050	2.410	14.602	0.000	12.192	5,012	5,948	32,0 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	3.176	2.778	3.154	14.599	0.000	11.445	3,603	4,121	29,0 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	2.623	2.195	2.601	14.555	0.000	11.954	4,557	5,446	33,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	7.219	6.820	7.226	14.707	0.000	7.481	1,032	1,097	21,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	2.978	2.650	2.956	14.487	0.000	11.531	3,872	4,523	36,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.000	0.000	-0.022	-1.366	0.000	-1.343	zero cost	zero cost	-57,0 (2)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	1.168	0.735	1.146	13.150	0.000	12.004	10,276	16,335	60,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: **IRI 2.5 A 3 VDM5400 10ANOS BR-285/RS**
 Run Date: **05-05-2016**
 Currency: **Real (millions)**
 Discount Rate: **10,00%.**

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	1.194	0.916	1.188	8.248	0.000	7.060	5,910	7,711	75,0 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	3.642	3.459	3.636	8.427	0.000	4.791	1,316	1,385	33,0 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	1.423	1.144	1.417	8.473	0.000	7.057	4,958	6,167	47,0 (1)
6: CREMA 1 + 2 ETAPA	2.105	1.853	2.098	8.505	0.000	6.407	3,044	3,458	39,0 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	2.003	1.724	1.997	8.445	0.000	6.449	3,220	3,740	50,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	4.716	4.437	4.710	8.685	0.000	3.975	0,843	0,898	26,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	1.938	1.659	1.931	8.397	0.000	6.466	3,337	3,896	52,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.541	0.262	0.535	6.756	0.000	6.222	11,495	23,713	94,0 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.981	0.702	0.974	6.808	0.000	5.834	5,949	8,312	88,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: **IRI 2.5 A 3 VDM5400 20ANOS BR-285/RS**
 Run Date: **05-05-2016**
 Currency: **Real (millions)**
 Discount Rate: **10,00%.**

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	1.661	1.275	1.624	38.402	0.000	36.778	22,138	28,847	82,0 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	5.046	4.792	5.009	38.696	0.000	33.687	6,676	7,030	46,0 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	1.928	1.582	1.890	38.763	0.000	36.873	19,129	23,301	55,0 (1)
6: CREMA 1 + 2 ETAPA	2.550	2.190	2.513	38.602	0.000	36.089	14,153	16,478	50,0 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	2.383	1.997	2.346	38.721	0.000	36.376	15,283	18,217	60,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	6.534	6.118	6.497	39.120	0.000	32.623	4,992	5,306	41,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	2.685	2.298	2.647	38.543	0.000	35.895	13,370	15,618	62,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.868	0.479	0.831	35.918	0.000	35.088	40,427	73,200	102,0 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	1.404	1.016	1.367	36.560	0.000	35.193	25,062	34,651	98,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: IRI 3 A 4 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.426	0.310	0.425	0.547	0.000	0.122	0,286	0,393	19,1 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	1.513	1.436	1.512	0.563	0.000	-0.950	-0,628	-0,661	-38,8 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.488	0.372	0.488	0.568	0.000	0.080	0,164	0,215	13,7 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	0.818	0.713	0.818	0.582	0.000	-0.235	-0,288	-0,330	1,9 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	0.744	0.628	0.744	0.575	0.000	-0.169	-0,227	-0,269	-64,7 (2)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	1.959	1.843	1.958	0.608	0.000	-1.350	-0,689	-0,738	-50,8 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	0.805	0.689	0.805	0.561	0.000	-0.243	-0,303	-0,353	-6,9 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.156	0.040	0.156	0.022	0.000	-0.134	-0,856	-3,324	No Solution
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.223	0.107	0.223	0.022	0.000	-0.201	-0,899	-1,869	No Solution

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: IRI 3 A 4 VDM2285 20ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.602	0.441	0.596	3.182	0.000	2.586	4,298	5,862	36,0 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	2.096	1.990	2.090	3.215	0.000	1.125	0,537	0,565	16,0 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.659	0.516	0.654	3.227	0.000	2.573	3,905	4,991	29,0 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	0.981	0.832	0.976	3.246	0.000	2.270	2,314	2,729	23,0 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	0.937	0.777	0.932	3.230	0.000	2.298	2,452	2,960	25,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	2.714	2.559	2.708	3.260	0.000	0.582	0,214	0,228	12,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	1.115	0.955	1.110	3.209	0.000	2.100	1,883	2,200	26,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.275	0.114	0.270	2.544	0.000	2.274	8,272	19,996	41,0 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.372	0.210	0.366	2.597	0.000	2.231	6,003	10,601	38,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 3 A 4 VDM5400 10ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.451	0.346	0.450	1.776	0.000	1.326	2,940	3,833	69,5 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	1.373	1.304	1.372	1.819	0.000	0.447	0,325	0,343	21,3 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.504	0.399	0.503	1.784	0.000	1.281	2,540	3,209	48,7 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	0.729	0.634	0.728	1.828	0.000	1.100	1,509	1,735	35,7 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	0.820	0.715	0.819	1.858	0.000	1.039	1,267	1,453	37,0 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	1.778	1.673	1.777	1.913	0.000	0.136	0,076	0,081	13,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	0.731	0.625	0.729	1.810	0.000	1.081	1,479	1,728	52,7 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.199	0.094	0.198	0.835	0.000	0.638	3,202	6,787	57,2 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.356	0.251	0.355	0.849	0.000	0.493	1,384	1,963	47,4 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 3 A 4 VDM5400 20ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.628	0.482	0.615	11.783	0.000	11.168	17,789	23,166	75,6 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	1.903	1.807	1.890	11.875	0.000	9.985	5,248	5,526	42,4 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.677	0.547	0.665	11.830	0.000	11.165	16,485	20,406	58,2 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	0.873	0.737	0.860	11.758	0.000	10.898	12,489	14,790	48,9 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	0.974	0.828	0.961	11.923	0.000	10.962	11,256	13,236	49,9 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	2.464	2.318	2.451	12.031	0.000	9.579	3,888	4,132	37,3 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	0.646	0.553	0.633	7.272	0.000	6.639	10,285	12,014	58,1 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.289	0.142	0.277	10.553	0.000	10.277	35,553	72,296	77,7 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.505	0.358	0.492	10.691	0.000	10.199	20,206	28,501	74,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM2285 10ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.472	0.344	0.472	1.651	0.000	1.179	2,498	3,427	76,9 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	1.762	1.678	1.762	1.670	0.000	-0.091	-0,052	-0,054	7,1 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.783	0.655	0.783	1.652	0.000	0.869	1,109	1,326	32,7 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	1.095	0.979	1.094	1.681	0.000	0.586	0,536	0,599	23,6 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	0.962	0.834	0.962	1.676	0.000	0.713	0,741	0,855	32,9 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	2.166	2.037	2.161	1.718	0.000	-0.446	-0,206	-0,219	-2,4 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	0.889	0.761	0.889	1.668	0.000	0.779	0,876	1,023	51,1 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.311	0.182	0.311	1.334	0.000	1.024	3,292	5,626	85,0 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.615	0.487	0.615	1.423	0.000	0.809	1,315	1,662	40,0 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: IRI 4 A 5.5 VDM2285 20ANOS BR-285/RS
 Run Date: 05-05-2016
 Currency: Real (millions)
 Discount Rate: 10,00%.

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.673	0.495	0.663	6.002	0.000	5.339	7,935	10,776	78,7 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	2.441	2.324	2.431	6.045	0.000	3.614	1,480	1,555	28,8 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	1.049	0.891	1.039	6.032	0.000	4.993	4,759	5,606	40,2 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	1.339	1.174	1.329	6.057	0.000	4.728	3,532	4,028	35,1 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	1.118	0.941	1.108	6.055	0.000	4.947	4,425	5,259	41,7 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	2.999	2.822	2.989	6.126	0.000	3.136	1,046	1,111	21,2 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	1.232	1.055	1.222	6.037	0.000	4.814	3,907	4,563	57,1 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.451	0.271	0.441	5.481	0.000	5.041	11,185	18,621	86,9 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.809	0.630	0.799	5.614	0.000	4.815	5,952	7,646	48,2 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: **IRI 4 A 5,5 VDM5400 10ANOS BR-285/RS**
 Run Date: **05-05-2016**
 Currency: **Real (millions)**
 Discount Rate: **10,00%**

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.654	0.512	0.649	7.505	0.000	6.856	10,490	13,395	145,7 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	1.851	1.758	1.847	7.574	0.000	5.728	3,095	3,259	72,6 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.726	0.605	0.722	7.611	0.000	6.889	9,487	11,392	83,6 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	1.124	0.996	1.120	7.639	0.000	6.519	5,799	6,544	76,2 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	1.105	0.964	1.101	7.598	0.000	6.496	5,876	6,741	79,1 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	2.397	2.255	2.392	7.699	0.000	5.306	2,214	2,353	59,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	0.985	0.843	0.980	7.558	0.000	6.578	6,680	7,802	129,3 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.349	0.206	0.344	6.253	0.000	5.908	16,945	28,689	161,4 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.609	0.467	0.605	6.537	0.000	5.933	9,742	12,713	123,9 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Economic Indicators Summary

Study Name: **IRI 4 A 5,5 VDM5400 20ANOS BR-285/RS**
 Run Date: **05-05-2016**
 Currency: **Real (millions)**
 Discount Rate: **10,00%**

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
1: SOMENTE TAPA BURACO	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
3: PATO (c/gatilho IRI>=3,0) Fresa+Recomp=4cm	0.928	0.732	0.909	22.961	0.000	22.052	23,764	30,142	146,1 (1)
4: CREMA 1 ETAPA a/c 2anos	2.564	2.435	2.545	23.087	0.000	20.542	8,010	8,435	76,1 (1)
5: CREMA 2 ETAPA+PATO (c/gatilho IRI>=3,0)	0.993	0.838	0.974	23.135	0.000	22.162	22,319	26,450	85,6 (1)
6: CREMA 1; + 2; ETAPA	1.372	1.189	1.352	23.179	0.000	21.827	15,914	18,359	79,1 (1)
7: RESTAURA (c/gatilho IRI>=3,0) Recape=7cm	1.317	1.121	1.298	23.117	0.000	21.819	16,563	19,464	81,5 (1)
8: RESTAURA (e/gatilho) Recape=7cm a/c 2anos	3.321	3.124	3.301	23.297	0.000	19.995	6,021	6,100	61,0 (1)
2: PATO (s/gatilho) Fresa+Recomp=4cm a/c 2anos	1.364	1.168	1.345	22.999	0.000	21.654	15,871	18,539	130,0 (1)
9: PATO (c/gatilho IRI>=5,5) Fresa+Recomp=4cm	0.512	0.315	0.493	21.271	0.000	20.778	40,547	66,065	162,2 (1)
10: RESTAURA (c/gatilho IRI>=5,5) Recape=7cm	0.864	0.665	0.844	21.627	0.000	20.783	24,066	31,273	125,9 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900