

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fernanda de Lima e Silva Pires

**AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO
FUNCIONAL DE PAVIMENTOS: ESTUDO DE UMA
RODOVIA DO PROGRAMA CREMA-RS**

Porto Alegre

julho 2011

FERNANDA DE LIMA E SILVA PIRES

**AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO
FUNCIONAL DE PAVIMENTOS: ESTUDO DE UMA
RODOVIA DO PROGRAMA CREMA-RS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Jorge Augusto Pereira Ceratti

Porto Alegre
julho 2011

FERNANDA DE LIMA E SILVA PIRES

**AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO
FUNCIONAL DE PAVIMENTOS: ESTUDO DE UMA
RODOVIA DO PROGRAMA CREMA-RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2011

Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti
DSc. pela Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia/UFRJ
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Washington Peres Núñez (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Suyen Matsumura Nakahara (UFRGS)
Dra. pela Universidade de São Paulo

Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti (UFRGS)
DSc. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho a meus pais, Luiz Fernando e Marise,
e ao meu namorado, Bruno, que sempre me apoiaram e
especialmente durante o período do meu Curso de
Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Jorge Augusto Ceratti, orientador deste trabalho e grande mestre, pela atenção despendida a mim e ao meu trabalho. Agradeço também pelo auxílio nos pontos que se apresentavam críticos no meu trabalho, pois com sua ajuda eles se tornaram mais claros.

Agradeço a Profa. Carin, professora responsável pelas cadeiras de Trabalho de Conclusão de Curso, por sua dedicação em corrigir os trabalhos de todos os alunos e sempre nos indicar formas de melhorarmos nossos trabalhos.

Agradeço a Ecoplan Engenharia Ltda. pelos três anos de estágio, pela oportunidade de me inserir no mercado de trabalho e pela possibilidade de realizar meu trabalho de conclusão com base em um dos seus projetos de supervisão.

Agradeço ao meu colega de trabalho, Janquiel Fumagalli, pela paciência e pela ajuda em diversos momentos do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a minha família, que pode me proporcionar um ensino de qualidade e os recursos necessários para a realização deste sonho na minha vida, que tem este Trabalho de Conclusão como parte dele.

Agradeço ao meu namorado, Bruno, pela paciência e amor que me proporciona em todos estes anos que estamos juntos e, principalmente, durante o período de término deste curso.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.

Mahatma Gandhi

RESUMO

PIRES, F. L. S. **Avaliação de Soluções de Restauração Funcional de Pavimentos:** estudo de uma rodovia do programa CREMA-RS. 2011. 76 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A reabilitação de pavimentos tem grande importância para garantir uma boa trafegabilidade e segurança ao usuário das vias. Com o intuito de melhorar as condições dos pavimentos brasileiros, o Governo Federal através do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) criou o Contrato de Reabilitação e Manutenção de rodovias, o CREMA. É nas melhorias funcionais geradas nos pavimentos das rodovias pertencentes a este Programa que está baseado este trabalho. Para tal, foram realizados levantamentos dos métodos existentes para avaliação de pavimentos flexíveis (asfálticos) e um levantamento das soluções funcionais que podem e devem ser empregadas em cada caso. Após esta etapa, foi realizada uma análise crítica sobre os levantamentos realizados no projeto e sobre as soluções funcionais adotadas e posteriormente revisadas da BR-290/RS, uma das rodovias restauradas dentro do programa CREMA do estado do Rio Grande do Sul em sua 1. etapa.

Palavras-chave: reabilitação funcional de pavimentos, avaliação de pavimentos, pavimento flexível.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa	15
Figura 2: exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	26
Figura 3: treliça para medição das flechas da trilha de roda	27
Figura 4: variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via	36
Figura 5: operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem	41
Figura 6: indicadores de desempenho da restauração do pavimento	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: classificação e codificação dos defeitos	22
Quadro 2: valor do fator de ponderação	29
Quadro 3: conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	31
Quadro 4: frequência dos defeitos	33
Quadro 5: IES	34
Quadro 6: níveis de serventia	35
Quadro 7: classificação da textura de um pavimento	40
Quadro 8: classes de microtextura	41
Quadro 9: catálogo de soluções técnicas utilizadas no projeto	50
Quadro 10: caracterização dos segmentos homogêneos e suas soluções	53
Quadro 11: resumo das modificações das soluções	56
Quadro 12: diagrama unifilar das soluções	61
Quadro 13: indicadores de desempenho da restauração do pavimento	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MÉTODO DE PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2 Objetivo secundário	13
2.3 PREMISSA	14
2.4 DELIMITAÇÕES	14
2.5 LIMITAÇÕES	14
2.6 DELINEAMENTO	14
3 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	17
3.1 TERMINOLOGIA DOS DEFEITOS	18
3.1.1 Fendas	18
3.1.2 Afudamentos	19
3.1.3 Ondulações ou corrugações	20
3.1.4 Escorregamento	20
3.1.5 Exsudação	20
3.1.6 Desgaste	21
3.1.7 Buraco ou panela	21
3.1.8 Remendo	21
3.2 CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DOS DEFEITOS	21
4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS	23
4.1 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE	25
4.1.1 Avaliação Objetiva da Superfície: IGG	25
4.1.2 Avaliação Objetiva Expedita: LVC	31
4.1.2.1 ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis	33
4.1.2.2 IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito	33
4.1.2.3 IES – Índice do Estado da Superfície do pavimento	34
4.1.3 Avaliação Subjetiva: VSA	34
4.2 AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DO PAVIMENTO – CONFORTO	37
4.3 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM PISTAS MOLHADAS	39
5 SOLUÇÕES PARA RESTAURAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS	44

5.1 LAMA ASFÁLTICA	44
5.2 TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO	45
5.3 MICRO REVESTIMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO	46
5.4 CONCRETO ASFÁLTICO A FRIO OU A QUENTE	47
5.5 MISTURA TIPO CAMADA POROSA DE ATRITO	47
6 AVALIAÇÃO DA RODOVIA	49
6.1 LEVANTAMENTOS REALIZADOS	49
6.2 RESUMO DOS DADOS LEVANTADOS	50
6.3 READEQUAÇÕES DAS SOLUÇÕES DE RECUPERAÇÃO	56
6.3.1 Resumo das modificações das soluções	56
6.3.2 Análise das readequações das soluções	59
7 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	67
ANEXO A	69
ANEXO B	71
ANEXO C	73
ANEXO D	75

1 INTRODUÇÃO

Levantamentos realizados pela Confederação Nacional de Transportes (CNT) consideram a maioria dos pavimentos das rodovias brasileiras como sendo de baixo conforto ao rolamento. São muitas as causas desta insatisfação dos usuários do sistema rodoviário brasileiro, mas a principal é a falta de manutenção das vias. As soluções existem, só falta colocá-las em prática. Com base em estudos, o Governo Federal, através do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes –, criou o Contrato de Recuperação e Manutenção de rodovias, o CREMA.

Este programa, em sua 1. etapa, visa à melhoria da trafegabilidade das rodovias baseada na conservação, na manutenção e na reabilitação funcional dos pavimentos das rodovias. A reabilitação funcional é aquela que visa à melhoria da faixa de rolamento, sem buscar melhorias estruturais das camadas constituintes da superfície de terraplenagem.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido visando o conhecimento dos principais métodos de avaliação dos pavimentos flexíveis em rodovias e as principais soluções de recuperação funcional para cada caso específico. Após adquirir esse conhecimento, um estudo foi realizado em uma rodovia pertencente ao CREMA/RS – 1. etapa –, para fazer uma análise crítica dos métodos aplicados no levantamento da condição do pavimento existente e das soluções tomadas para os problemas encontrados.

Nos capítulos que seguem no trabalho, diversos itens são abordados dentro do contexto do programa CREMA. No capítulo 2, é apresentado o método de pesquisa, com todo o delineamento e objetivos do trabalho. No capítulo seguinte, são apresentados os tipos de defeitos que podem existir nos pavimentos com revestimento asfáltico.

No capítulo 4, são apresentados os métodos de avaliação de pavimentos existentes e mais utilizados atualmente. No capítulo seguinte, são apresentadas as principais soluções utilizadas na recuperação funcional de pavimentos flexíveis.

No capítulo 6, a rodovia BR-290/RS, pertencente ao CREMA 1. etapa é analisada. São descritos os métodos utilizados para o inventário da superfície do pavimento e são avaliadas

as soluções de projeto e as que foram implantadas na rodovia. No capítulo seguinte, são apresentadas as conclusões do trabalho e algumas considerações acerca de restaurações de pavimentos.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Com base em projetos desenvolvidos em empresa na qual a autora realiza estágio, foi escolhido o tema do trabalho e definidos a questão de pesquisa, os objetivos, as premissas, as delimitações, as limitações e o delineamento que serão apresentados a seguir.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho visa responder a seguinte questão: as soluções previstas para o pavimento estudado atendem as necessidades de restauração em função das condições atuais da superfície do pavimento?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a análise crítica das soluções adotadas para a reabilitação funcional do pavimento de uma rodovia do programa CREMA-RS.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são descrições dos métodos para:

- a) avaliação funcional dos pavimentos;

b) reabilitação de pavimentos em função dos problemas funcionais identificados.

2.3 PREMISSA

A reabilitação de pavimentos é uma tarefa de fundamental importância para disponibilizar aos usuários das vias uma boa trafegabilidade e segurança.

2.4 DELIMITAÇÕES

A análise de caso se limitará ao estudo de uma rodovia que será restaurada pelo Contrato de Recuperação e Manutenção de rodovias – CREMA 1. etapa – pertencente à malha rodoviária do estado do Rio Grande do Sul, a BR-290 no trecho entre o entroncamento com a BR-473(A) (para Tabuleiro) e o entroncamento com a BR-377 (A) (para Alegrete).

2.5 LIMITAÇÕES

A análise crítica será realizada em caráter puramente funcional e somente para os métodos de levantamentos e para as soluções previstas no projeto existente para a pista de rolamento do trecho estudado, sem levar em consideração as avaliações e soluções adotadas para os acostamentos.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição dos métodos de avaliação dos pavimentos;
- c) levantamento das soluções para reabilitação funcional de pavimentos;
- d) análise de uma rodovia pertencente ao CREMA-RS;
- e) avaliação dos levantamentos realizados no projeto;

- f) avaliação das soluções adotadas no projeto;
- g) conclusões.

O delineamento do trabalho pode ser melhor compreendido através de sua representação esquemática apresentada na figura 1 e as etapas são descritas nos próximos parágrafos.



Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa

A etapa de pesquisa bibliográfica teve seu início no começo do segundo semestre de 2010 e se estendeu até o final do trabalho. Foram buscadas informações pertinentes ao embasamento teórico do trabalho em livros, revista técnicas e normas específicas sobre o assunto.

A etapa de definição dos métodos de avaliação dos pavimentos foi realizada de acordo com a evolução da etapa de pesquisa bibliográfica. Os métodos foram definidos pela bibliografia existente e terão seus processos itemizados e explicados nesta fase.

A etapa de levantamento das soluções para reabilitação funcional dos pavimentos, analogamente a etapa de definição dos métodos de avaliação de pavimentos, também foi realizada de acordo com a evolução da etapa de pesquisa bibliográfica. Os principais métodos utilizados na restauração funcional dos pavimentos foram descritos nesta etapa.

Após concluídas estas etapas iniciais, foi realizada uma análise de rodovia pertencente ao CREMA-RS. Esta etapa do trabalho englobou duas fases principais: identificação dos levantamentos e das soluções para o trecho estudado e análise crítica destes procedimentos.

A etapa de avaliação dos levantamentos realizados no projeto é uma das etapas pertencentes à análise da rodovia, nela conheceram-se os problemas existentes no pavimento da rodovia estudada e os métodos utilizados para identificá-los. Esta avaliação foi baseada nos conhecimentos adquiridos na etapa de definição dos métodos de avaliação de pavimentos e baseou-se apenas nos levantamentos constantes em projeto.

A etapa de avaliação das soluções adotadas no projeto também faz parte da etapa de análise da rodovia pertencente ao CREMA-RS 1. etapa e teve seu embasamento nos conhecimentos adquiridos na etapa de levantamento das soluções para reabilitação funcional de pavimentos. Nela foram avaliados os métodos utilizados para minimizar os danos existentes no pavimento.

Na etapa de conclusões foram elencados os resultados da análise da rodovia, tanto no aspecto das avaliações de pavimento utilizadas no trecho frente às avaliações de pavimentos identificadas na bibliografia, como no aspecto das soluções adotadas em comparação com as possíveis soluções.

3 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Conforme afirmam Bernucci et al. (2006, p. 413):

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT 005/2003-TER-DNIT, 2003). O levantamento dos defeitos de superfície tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para subsidiar a definição de uma solução tecnicamente adequada [...].

São muitas as causas da origem dos defeitos nos pavimentos, elas podem surgir do dimensionamento inadequado no projeto tanto quanto podem ser oriundas da sua má execução. O dimensionamento incorreto do pavimento pode se dar pela dificuldade em prever o tráfego real futuro que se desenvolverá durante a vida útil do projeto. Também podem ocorrer defeitos em virtude do mau dimensionamento da superfície de terraplenagem, da incompatibilidade estrutural entre as camadas e por problemas de drenagem, como afirmam Bernucci et al. (2006, p. 414).

Quanto aos problemas construtivos (BERNUCCI et al., 2006, p. 414):

[...] destacam-se alguns exemplos: espessuras menores que as previstas em projeto; falta de compactação apropriada das camadas, causando deformações e afundamentos excessivos ou rupturas localizadas; técnica de compactação inadequada, com uso de equipamentos de baixa eficiência; [...] erros nas taxas de imprimação e pintura de ligação, entre outros.

De acordo com Bernucci et al. (2006, p. 415):

Antes da adoção de qualquer alternativa de restauração ou aplicação de qualquer método numérico ou normativo para cálculo de reforços, um bom diagnóstico geral dos defeitos de superfície é imprescindível para o estabelecimento da melhor solução. Portanto, para corrigir ou minimizar uma consequência (defeito), deve-se conhecer as prováveis causas que levaram ao seu aparecimento. Para tanto, recomenda-se: verificação *in situ* dos problemas de superfície, [...] e estabelecimento de um cenário global dos defeitos e sua relação com todos os dados observados e levantados.

A seguir são descritos os tipos existentes de defeitos em pavimentos flexíveis e semi-rígidos, bem como suas classificações e codificações.

3.1 TIPOS DE DEFEITOS: TERMINOLOGIA

A nomenclatura e classificação de cada tipo específico de defeito em pavimentos flexíveis estão baseadas na Norma do DNIT 005/2003-TER: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos: Terminologia. Este capítulo versará sobre os tipos de defeitos catalogados nesta norma.

3.1.1 Fendas

A Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 2) define fenda como sendo “Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, [...]”. Uma das formas de apresentação é a fissura, ela é descrita por essa Norma como sendo uma “Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m.”. Segundo Bernucci et al. (2006, p. 415), as fendas podem ser classificadas como fissuras “[...] quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 m [...]”.

As trincas, que também são consideradas pela Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 2) como um tipo de fenda, podem ser descritas da seguinte forma: “Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.”. Para Bernucci et al. (2006, p. 415), fendas são classificadas como trincas “[...] quando a abertura é superior à da fissura.”.

Esta mesma Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 2) subdivide as trincas de acordo com seu tipo: isoladas ou interligadas. Entre as isoladas, a Norma apresenta três tipos diferentes de apresentação, ou seja, trinca:

- a) isolada transversal: aquela cuja direção predominante é perpendicular ao eixo da rodovia. Esta ainda é subdividida de acordo com o comprimento máximo que a trinca apresenta, sendo que se este for inferior a um metro, ela será denominada trinca transversal curta e, caso contrário, trinca transversal longa;
- b) isolada longitudinal: aquela cuja direção predominante é paralela ao eixo da rodovia. Apresenta, também, subdivisão conforme o comprimento máximo da trinca utilizando os mesmos limites da trinca anterior: até um metro de extensão

será denominada trinca longitudinal curta e, quando apresentar comprimento superior a um metro, trinca longitudinal longa;

- c) trinca de retração: esta não está associada aos fenômenos de fadiga, mas sim aos fenômenos de retração térmica, tanto do material de revestimento como da superfície de terraplenagem.

Bernucci et al. (2006, p. 415) apresentam as siglas para cada tipo de trinca da seguinte forma: “[...] [trincas] transversais curtas (TTC) ou transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC) ou longitudinais longas (TLL), ou ainda de retração (TRR).”.

As trincas interligadas também são subdivididas por esta Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 2) em dois grupos: trinca tipo couro de jacaré e tipo bloco. Estes dois tipos são diferenciados de acordo com Bernucci et al. (2006, p. 415) da seguinte forma:

[...] trincas de bloco (TB) quando tendem a uma regularidade geométrica, ou ainda (TBE) quando as trincas de bloco apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas; ou trincas tipo couro de jacaré (J) quando não seguem um padrão de reflexão geométrico de trincas como a de bloco e são comumente derivadas da fadiga do revestimento asfáltico, ou ainda (JE) quando as trincas tipo couro de jacaré apresentem complementarmente erosão junto às suas bordas.

3.1.2 Afundamentos

Segundo a mesma Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 3), afundamento é uma “Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento¹, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.”. As duas formas de apresentação são descritas a seguir, conforme a mesma Norma, tendo-se afundamento:

- a) plástico (AP): ocorre devido à fluência de um ou mais materiais constituintes das camadas que compõe a superfície de terraplenagem. De acordo com a extensão com que ocorrem, recebem uma segunda classificação: se apresenta extensão de, até, seis metros, recebe a denominação afundamento plástico local; caso apresente extensão superior a seis metros e pertencer a um plano no qual também está inserida a trilha de roda, recebe o nome de afundamento plástico da trilha de roda;
- b) de consolidação (AC): ocorre devido à consolidação diferenciada em uma ou mais camadas que compõe a superfície de terraplenagem. De acordo com a

¹ Solevamento é um tipo de levantamento lateral ao eixo da rodovia.

extensão com que ocorrem, recebem, igualmente ao afundamento plástico, uma segunda classificação: se apresenta extensão de, até, seis metros, recebe a denominação afundamento de consolidação local; caso apresente extensão superior a seis metros e pertencer a um plano no qual também está inserida a trilha de roda, recebe o nome de afundamento de consolidação da trilha de roda.

3.1.3 Ondulação ou corrugação

Segundo Bernucci et al. (2006, p. 416), ondulação ou corrugação pode ser definida da seguinte forma:

As corrugações (O) são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações (O) são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. Ambas são classificadas como (O) na norma brasileira, embora sejam decorrentes de fenômenos diferentes.

3.1.4 Escorregamento

A Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 3) define escorregamento como sendo o “Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.”. Bernucci et al. (2006, p. 416) apresentam a sigla de escorregamento como sendo (E).

3.1.5 Exsudação

A exsudação ocorre quando há a migração do ligante através do revestimento (BRASIL, 2003a, p. 3). Bernucci et al. (2006, p. 416) apresentam mais algumas informações sobre a exsudação (EX), indicando que com a migração do ligante para a superfície do pavimento ocorre o aparecimento de manchas escurecidas.

3.1.6 Desgaste

Conforme a Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 3) desgaste (D) pode ser definido como “Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.”.

3.1.7 Buraco ou panela

Buraco ou panela (P) pode ser definido como uma “Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.” (BRASIL, 2003a, p. 3).

3.1.8 Remendo

Bernucci et al. (2006, p. 416) definem que “O remendo (R) é um tipo de defeito apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e caracteriza-se pelo preenchimento de painéis ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica.”.

3.2 CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DOS DEFEITOS

A norma DNIT 005 (BRASIL, 2003a, p. 4) também indica que devem ser consideradas através de quadros que expõem a classificação e codificação das trincas. Estas informações estão expostas no quadro 1. As codificações e as classificações que são apresentadas neste quadro devem ser utilizadas para facilitar o preenchimento das planilhas de inspeção de campo sobre os defeitos.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos			Remendo Superficial	RS
			Remendo Profundo	RP

Quadro 1: classificação e codificação dos defeitos (BRASIL, 2003a, p. 4)

4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (BRASIL, 2006a, p. 117) expõe a seguinte informação:

Na avaliação de pavimentos, devem ser abordadas as informações referentes aos defeitos de superfície, irregularidade, segurança, condição estrutural e tráfego. As informações devem ser condensadas no intuito de auxiliar o projetista na determinação das causas da deterioração, no desenvolvimento de alternativas de restauração.

Este Manual ainda afirma que (BRASIL, 2006a, p. 117-118):

A avaliação do pavimento e o diagnóstico da situação existente requerem a coleta de uma quantidade substancial de dados sobre o pavimento. Estes dados podem ser divididos nas seguintes categorias principais:

- a) condição do pavimento da pista de rolamento;
- b) condição do acostamento;
- c) dados de projeto original do pavimento;
- d) propriedades dos materiais e do solo;
- e) volumes e cargas de tráfego;
- f) condições climáticas;
- g) condições de drenagem;
- h) fatores geométricos;
- i) aspectos de segurança (acidentes);
- j) dados históricos de conservação;
- i) outros fatores.

As informações a seguir ajudam a ter uma noção mais precisa da rotina dos procedimentos que devem ser considerados para a coleta e avaliação de pavimentos (BRASIL, 2006a, p. 119):

- a) etapa 1: **coleta de dados no escritório:** devem ser coletados os seguintes dados: localização, ano de construção, dados de projeto, propriedades dos materiais disponíveis e do subleito (relatórios e inventários anteriores), dados de tráfego, clima

e dados de construção (“*as built*”). Devem ser obtidas informações sobre o desempenho do pavimento (Sistema de Gerência de Pavimentos);

b) etapa 2: **primeiro inventário de campo:** devem ser coletados os seguintes dados: defeitos de superfície, condições de drenagem, conforto ao rolamento, opções de controle de tráfego e aspectos de segurança;

c) etapa 3: **primeira avaliação dos dados coletados:** devem ser avaliados os seguintes dados: estimativa da solicitação do tráfego (número N); análise dos tipos, severidades e causas dos defeitos e a necessidade de coleta adicional de dados. Neste estágio deve ser desenvolvida uma lista de alternativas de restauração possíveis para auxiliar na avaliação da necessidade de dados adicionais.

d) etapa 4: **segundo inventário de campo:** devem ser coletados os seguintes dados: sondagem e amostragem de materiais, ensaios de deflexão, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem;

e) etapa 5: **ensaios em laboratório:** devem ser ensaiados os materiais quanto a: resistência, índice de vazios, densidade, granulometria e outras características;

f) etapa 6: **segunda avaliação dos dados coletados:** deve ser verificado se dados adicionais são necessários para completar o processo de avaliação,

g) etapa 7: **coleta final dos dados no campo e no escritório;**

h) etapa 8: **avaliação final do pavimento.**

Ainda de acordo com este Manual (BRASIL, 2006a, p. 122):

Os dados coletados são fundamentais para a avaliação e o projeto da restauração devido aos seguintes fatores:

a) fornecem informações qualitativas pela determinação das causas da deterioração e para o desenvolvimento de alternativas apropriadas no reparo do defeito e na prevenção da sua recorrência;

b) fornecem informações quantitativas para estimativa de quantidades dos serviços de restauração (mão-de-obra, materiais, etc.), dimensionamento da alternativa de restauração (espessura de reforço), avaliação do estágio de deterioração e das consequências de postergar a restauração e ainda executar avaliação econômica de alternativas de restauração.

Segundo Bernucci et al. (2006, p. 403-404), “A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento.”. Estes mesmos autores ainda ressaltam outra idéia ao indicarem que “Do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto.”. Os autores ainda completam que “[...] atender o conforto ao rolamento também significa economia nos custos de transporte.”.

Pereira ([2010?], p. 4-5) indica que para ser realizada a Avaliação Funcional de um pavimento, deve-se levar em consideração primeiramente a avaliação das condições de sua superfície, através da Avaliação Objetiva (IGG – Índice Geral de Grupo), Avaliação Objetiva Expedita (VLC – Levantamento Visual Contínuo) e Avaliação Subjetiva (VSA – Valor da Serventia Atual). Após concluída esta etapa, o passo seguinte é proceder com a Avaliação da Irregularidade Longitudinal, através do Quociente de Irregularidade (QI). A seguir, realiza-se a Avaliação da Aderência em Pista Molhada. Estes itens descritos acima serão explicados a seguir.

4.1 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

No que diz respeito às condições de superfície do pavimento, deve-se proceder três tipos de avaliações: objetiva da superfície (IGG), objetiva expedita (LVC) e subjetiva (VSA). Os detalhes de cada um destes métodos de avaliação são descritos nos itens que seguem.

4.1.1 Avaliação objetiva de superfície: IGG

Conforme afirmam Bernucci et al. (2006, p. 424), “A condição de superfície de um pavimento asfáltico deve ser levantada, analisados seus defeitos e causas, e atribuídos indicadores numéricos que classifiquem seu estado geral.”. A Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 2) estabelece um método de levantamento sistemático de defeitos e atribuição de um Índice de Gravidade Global (IGG).

Bernucci et al. (2006, p. 424) explicam como funciona a seleção da superfície de avaliação, para aplicação do IGG, da seguinte forma:

O IGG não é determinado para toda a área da pista, mas de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas prefixados pela especificação do DNIT. As estações são inventariadas nas rodovias de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual a da faixa a ser avaliada.

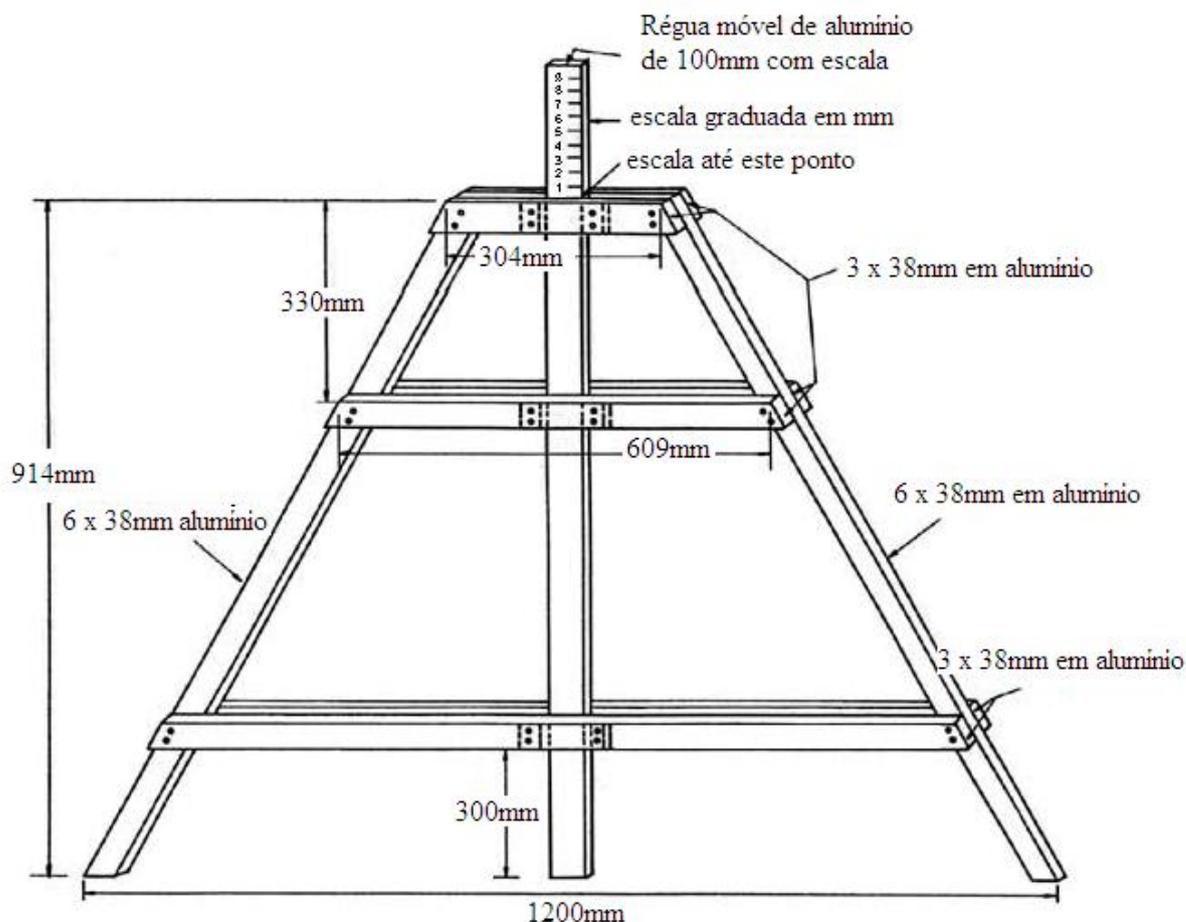


Figura 3: treliça para medição das flechas da trilha de roda
(BRASIL, 2003b, p. 6)

Conforme as especificações da mesma Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 3), “As flechas devem ser medidas em milímetros, em cada estação demarcada, utilizando-se a treliça referida [...] Estas medidas são executadas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), anotando-se o maior valor medido em cada trilha.”. Bernucci et al. (2006, p. 424-425) apresentam uma informação complementar:

Faz a anotação numa planilha utilizando a terminologia e codificação de defeitos apresentados [...] Observa-se que não se dá importância neste método à área atingida pelo defeito, mas à sua ocorrência ou não. Os afundamentos nas trilhas de roda externa e interna devem ser mensurados com o auxílio da treliça metálica e anotados na planilha na coluna referente à estação onde foi feita uma única medida em cada trilha. [...]

Ainda conforme a Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 3), “Caso a estação apresente remendo ou panela que inviabilize a medida da flecha, a treliça pode ser deslocada, com a condição de se obter uma flecha no interior da área previamente demarcada.”. De acordo com Bernucci et al. (2006, p. 415), a terminologia dos defeitos utilizada para preenchimento da

planilha é a citada anteriormente nesse trabalho. A planilha na qual devem ser anotados os defeitos pode ser observada no anexo A: formulário de inventário do estado da superfície do pavimento, segundo o que é apresentado pelo DNIT.

Bernucci et al. (2006, p. 425) afirmam que:

De posse dos dados levantados, deve-se proceder a uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos que possuam as mesmas características ou defeitos. [...] O método contabiliza as frequências absolutas f_a de cada um dos oito tipos de defeitos (somatório da quantidade de estações que apresentam aquele tipo de defeito) e uma frequência f_r , relativa ao conjunto de estações de um dado segmento; ou seja, é a frequência absoluta multiplicada porcentagem de estações onde ocorre este determinado tipo de defeito, sendo que 100% corresponde à totalidade das estações de um dado segmento.

A Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 4) esclarece que “A frequência absoluta (f_a) corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada.”. A frequência relativa (f_r) é obtida através da fórmula 1:

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_a = frequência absoluta;

n = número de estações inventariadas.

Conforme a Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 4), “Para cada uma das ocorrências inventariadas, deve ser calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI) [...]”, pela fórmula 2:

$$IGI = f_r \times f_p \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_p = fator de ponderação, obtido de acordo com o quadro 2.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Quadro 2: valor do fator de ponderação (BRASIL, 2003b, p. 5)

Bernucci et al. (2006, p. 427) recomendam que no cálculo dos afundamentos nas trilhas de roda do IGI, deve-se considerar a média F das flechas para afundamentos de trilhas de roda, conforme a fórmula 3:

$$F = (\sum_i^j FRE + \sum_i^j FRI) / 2 \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

FRE = flecha na trilha externa em milímetros de cada uma das estações do segmento;

FRI = flecha na trilha interna em milímetros de cada uma das estações do segmento;

i = primeira estação do segmento;

j = última estação do segmento;

F = média aritmética da média das flechas na trilha externa e da média das flechas na trilha interna do segmento;

Para o cálculo da média das variâncias das trilhas de roda – FV –, Bernucci et al. (2006, p. 427) recomendam a fórmula 4:

$$FV = (FRE_v + FRI_v) / 2 \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

$FREv$ = variância das flechas medidas na trilha externa do segmento, considerando todas as estações de i a j ;

$FRIv$ = variância das flechas medidas na trilha interna do segmento, considerando todas as estações de i a j ;

FV = média da variância das flechas na trilha externa e da variância das flechas na trilha interna do segmento.

Bernucci et al. (2006, p. 428) ainda complementam que “Para contabilização da contribuição das flechas ou afundamentos nas trilhas para o IGG, calculam-se dois índices de gravidade individual [...]” o IGI_F e o IGI_{FV} . Deve-se levar em consideração que para valores de F menores ou iguais a 30, utiliza-se para cálculo a fórmula 5 para cálculo do IGI_F (que depende da magnitude das flechas) (BERNUCCI et al., 2006, p. 428):

$$IGI_F = F \times 4/3 \quad (\text{fórmula 5})$$

Se o valor de F for maior que 30, utiliza-se o valor de IGI_F igual a 40 (BERNUCCI et al., 2006, p. 428).

Para o caso do cálculo que depende da magnitude das variâncias, IGI_{FV} , utiliza-se a fórmula 6 quando os valores de FV forem iguais ou inferiores a 50 (BERNUCCI et al., 2006, p. 428):

$$IGI_{FV} = FV \times 1,0 \quad (\text{fórmula 6})$$

Utiliza-se o valor de IGI_{FV} igual a 50 quando os valores de FV forem superiores a este limite de 50 (BERNUCCI et al., 2006, p. 428).

A Norma DNIT 006 (BRASIL, 2003b, p. 5) indica que o Índice de Gravidade Global (IGG) é obtido por meio da fórmula 7:

$$IGG = \sum IGI \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

$\sum IGI$ - somatório dos Índices de Gravidade Individuais, calculados de acordo com o estabelecido anteriormente. O Índice de Gravidade Global deve ser calculado para cada trecho homogêneo.

Um exemplo de planilha de cálculo do IGG, que está apresentado no anexo B: planilha de cálculo do IGG. Para classificar o pavimento, entra-se com o valor encontrado do IGG no quadro 3 e assim encontra-se um conceito que define a condição do pavimento (BRASIL, 2003b, p. 5).

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

Quadro 3: conceitos de degradação do pavimento em função do IGG (BRASIL, 2003b, p. 5)

4.1.2 Avaliação Objetiva Expedita: LVC

A Avaliação Objetiva Expedita é realizada através do Levantamento Visual Contínuo – LVC –, este levantamento está baseado, principalmente, na determinação de três índices principais, de acordo com a Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. [1]), que estão listados a seguir:

- a) ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis;
- b) IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito;
- c) IES – Índice do Estado de Superfície do pavimento.

Segundo esta Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 2), “No levantamento visual contínuo deve ser usado um veículo equipado com velocímetro/odômetro calibrado para aferição da velocidade de operação e das distâncias percorridas.” e ainda sugere que “Deve ser evitada a realização do levantamento em dias chuvosos, com muita neblina, ou com pouca luz natural (início ou final do dia).”.

Esta mesma Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 2-3) também sugere que a equipe de operação seja realizada por dois técnicos, além do motorista do veículo. Além destas indicações, vale ressaltar que:

O veículo deve ser operado a uma velocidade média aproximada de 40 km/h percorrendo a rodovia em um único sentido (rodovia de 2 faixas de tráfego). No caso de rodovias com 2 pistas de cada lado o levantamento será feito para cada pista em separado.

Os trechos de rodovias de pista simples serão levantados em um único sentido, levando-se em consideração simultaneamente as duas ou mais faixas de tráfego. O sentido utilizado para o levantamento em rodovias de pista simples será sempre o sentido do PNV. Em trechos de rodovias de pista dupla, o LVC será realizado separadamente para cada uma das pistas, levando-se em consideração simultaneamente as duas ou mais faixas de rolamento de cada uma dessas pistas.

O processo de avaliação, conforme está apresentado pela Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 3), visa preencher um formulário, que está apresentado no anexo C: formulário para levantamento visual contínuo (LVC), de acordo com as instruções constantes nos itens descritos a seguir.

Devem ser preenchidos todos os dados pertencentes ao cabeçalho da planilha, anexo C, tais como: lado da pista de acordo com o estaqueamento (D ou E); a extensão do trecho; a frequência de defeitos; etc. A frequência dos defeitos deve ser registrada com um dos três códigos: **A**, **M** ou **B**, conforme o especificado no quadro 4 (BRASIL, 2003c, p. 3).

O DNIT (BRASIL, 2003c, p. 4) ainda ressalta que “No caso de não ocorrência de um determinado defeito deixar em branco.”.

Painéis (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Quadro 4: frequência dos defeitos (BRASIL, 2003c, p. 4)

4.1.2.1 ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis

Segundo a Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 4), “O cálculo do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis é feito mediante o cálculo da média dos índices contidos no Formulário do Levantamento [...]”, e deve ser avaliado por, no mínimo, dois avaliadores.

4.1.2.2 IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito

A Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 4), sugere que o Índice de Gravidade Global Expedito seja calculado a partir da fórmula 8:

$$IGGE = (P_t \times F_t) + (P_{oap} \times F_{oap}) + (P_{pr} \times F_{pr}) \quad (\text{fórmula 8})$$

Onde:

F_t, P_t = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;

Foap, Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;

Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de painéis e remendos.

4.1.2.3 IES – Índice do Estado da Superfície do pavimento

De acordo com a Norma DNIT 008 (BRASIL, 2003c, p. 5), o Índice do Estado da Superfície do pavimento é uma síntese dos dois índices mencionados anteriormente, o ICPF e o IGGE. Tem seu valor variando entre 0 e 10, como pode ser visto na quadro 5.

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Quadro 5: Índice do Estado da Superfície do pavimento (BRASIL, 2003c, p. 6)

4.1.3 Avaliação Subjetiva: VSA

De acordo com a Norma DNIT 009 (BRASIL, 2003d, p. 2), serventia atual é a “Capacidade de um trecho específico de pavimento de proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego.”. Conforme afirmam Bernucci et al. (2006, p. 404):

O valor de serventia atual 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 [...]

Esta escala de 0 a 5 pode ser melhor entendida ao ser visualizada no quadro 6.

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

Quadro 6: níveis de serventia (BERNUCCI et al., 2006, p. 404)

Conforme Bernucci et al. (2006, p. 404):

O VSA [avaliação da serventia] é, em geral, elevado após a construção do pavimento, quando bem executado, pois este exibe uma superfície suave, praticamente sem irregularidades. A condição de perfeição, sem irregularidades (VSA = 5), não é encontrada na prática.

E completam afirmando que “O VSA do pavimento diminui com o passar do tempo por dois fatores principais: o tráfego e as intempéries.”.

A curva de serventia é mostrada na figura 4, e, de acordo com que afirmam Bernucci et al. (2006, p. 404), “[...] estão indicados dois limites: de aceitabilidade e de trafegabilidade. Para os usuários, há um limite de aceitabilidade das condições de rolamento do pavimento, abaixo do qual o nível de conforto passa a ser inaceitável; este limite depende da categoria da rodovia e do tráfego.”.

Assim como pode ser observado na figura 4, é importante ressaltar o que Bernucci et al. (2006, p. 406) expõem, pois “Caso não haja manutenção ou esta seja inadequada, o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, situação na qual se torna necessária sua reconstrução. Este limite depende dos padrões estabelecidos, estando geralmente próximo ao valor de serventia atual de 1,0 [...]”.

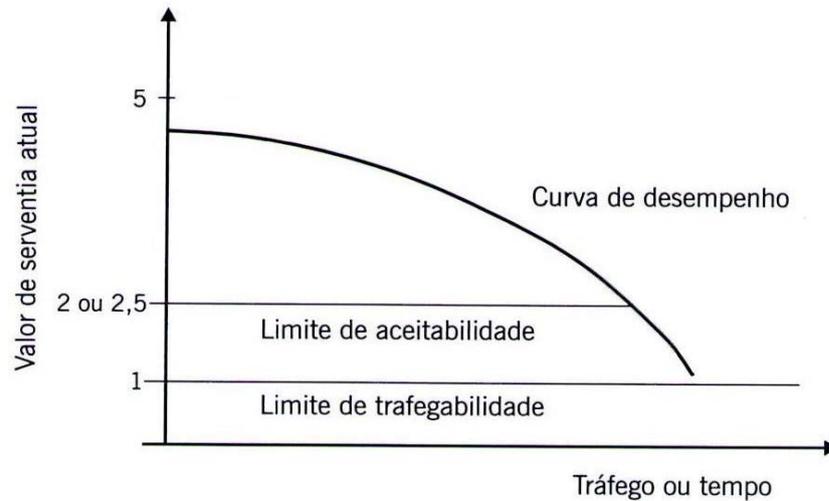


Figura 4: variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via (BERNUCCI et al., 2006, p. 405)

Conforme a Norma DNIT 009 (BRASIL, 2003d, p. 4) deve-se calcular e avaliar os resultados para cada trecho, separadamente, do pavimento estudado. Para esta análise, utiliza-se a fórmula 9 para o cálculo do valor da serventia atual:

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (\text{fórmula 9})$$

Onde:

VSA: Valor da Serventia Atual;

X: Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;

n: número de membros do grupo de avaliação.

A Norma DNIT 009 (BRASIL, 2003d, p. 4) alerta que “Para a determinação do Valor de Serventia Atual, devem ser escolhidos, previamente, trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 quilômetros, após rápida inspeção prévia pela equipe de avaliadores.”.

4.2 AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DO PAVIMENTO – CONFORTO

De acordo com Bernucci et al. (2006, p. 407):

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. Existe um índice internacional para a medida da irregularidade, designado de IRI – *international roughness index* (índice de irregularidade internacional) que é um índice estatístico, expresso em m/km, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto. [...] O IRI tem sido utilizado como ferramenta de controle de obras e aceitação de serviços em alguns países.

Ainda conforme Bernucci et al. (2006, p. 407-408), “A irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada, e em geral, coincidente com as regiões de trilhas de roda [...]”. Estes mesmos autores asseguram que:

A irregularidade pode ser levantada com medidas topográficas ou por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, ou ainda indiretamente avaliada por equipamentos do tipo ‘resposta’, que fornecem um somatório de desvios do eixo de um veículo em relação à suspensão. Essa terminologia se deve ao fato desses equipamentos medirem mais o efeito da irregularidade nos veículos do que propriamente a irregularidade.

Existe uma classificação que vem sendo largamente empregada segundo Sayers e Karamihas² (1998 apud BERNUCCI et al., 2006, p. 408-409):

- a) avaliação direta: por meio de equipamentos de classe I (nível e mira, Disptick, perfilômetro do TRL) e classe II (perfilógrafos, equipamentos com sensores a laser, APL francês);
- b) avaliação indireta: equipamentos de classe III do tipo-resposta (TRL Bump integrator, Maysmeter, Merlin).

Bernucci et al. (2006, p. 409) afirmam que “A avaliação subjetiva da serventia realizada por um painel de avaliadores é classificada por alguns autores e órgãos como de classe IV, uma vez que a serventia e a irregularidade se correlacionam.”. Estes mesmos autores ainda asseguram que “Como classe I, tem-se o levantamento topográfico do perfil longitudinal feito

² SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The little book of profiling**: basis information about measuring an interpreting road profiles. Michigan, USA: The Regent of the University of Michigan, 1998. 98 p.

nível e mira [...]. O levantamento longitudinal é feito nas trilhas de roda externa e interna a cada 0,50 m, geralmente. Trata-se de um método relativamente lento e trabalhoso [...]”.

Quanto a outro aparelho de classe I, Bernucci et al. (2006, p. 410) afirmam que:

O dipstick é um equipamento classe I também usado para calibração de trecho de referência por se tratar de um método manual de nivelamento de pequeno rendimento. Um operador caminha com o aparelho ao longo das trilhas de roda; o aparelho é girado 180° em torno do segundo ponto de apoio de modo que os dois estão sempre em uma linha imaginária na longitudinal paralela ao eixo. O aparelho possui um inclinômetro instalado que fornece leituras da ordem de um milésimo de polegada.

Como exemplo de aparelho que pode ser utilizado pertencente à classe II, Bernucci et al. (2006, p. 410-411) apresentam:

O APL – *analyseur de profil en long* (analisador de perfil longitudinal) – francês foi desenvolvido pelo *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (Laboratório Central de Pontes e Estradas) para medida de irregularidade. É um equipamento rebocável, podendo ser empregado um único equipamento ou dois paralelos, para o levantamento das irregularidades nas trilhas de roda. O reboque é puxado por um braço muito rígido, com uma roda em contato com a superfície e possui um pêndulo inercial de baixa frequência que serve como referência horizontal. A velocidade de levantamento é de 72km/h; são registrados comprimentos de onda entre 1 e 40m (comprimentos de onda que interferem nos veículos trafegando entre 80 e 130km/h).

O equipamento de classe III, conhecido como Merlin foi desenvolvido pelo *Transport Research Laboratory* (TRL) da Inglaterra. Hoje em dia é utilizado para aplicação em pequenos trechos ou, então, na calibração de outros equipamentos pertencentes a sua mesma classe. Este equipamento assemelha-se a uma bicicleta, contendo apenas a roda dianteira, nele, existe uma haste para registrar numa folha de papel os desvios que ocorrem na ponta de prova (BERNUCCI et al., 2006, p. 412).

Quanto aos equipamentos tipo-resposta de classe III, Bernucci et al. (2006, p. 412) apresentam:

Há uma série de equipamentos tipo-resposta de classe III, muito difundidos e utilizados pela sua praticidade. São sistemas de simples operação e relativamente de baixo custo, com uma unidade sensora/transmissora que registra os movimentos da carroceria do veículo em relação ao eixo traseiro, por meio de um sistema sensível a uma fotocélula, e transmite essas vibrações do movimento a uma unidade de processamento. Um registrador mostra a contagem de movimentos verticais em um trecho de via de determinada extensão (em geral de 80 a 320m). Os registros são de QI (quociente de irregularidade).

Bernucci et al. (2006, p. 413) ainda informam que “Os equipamentos tipo-resposta fornecem um valor de QI (quociente de irregularidade) que numericamente pode ser relacionado com o IRI [...]” através da fórmula 10:

$$QI = 13 \times IRI \quad (\text{fórmula 10})$$

Onde:

IRI = Índice de Irregularidade Internacional.

4.3 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM PISTAS MOLHADAS

Bernucci et al. (2006, p. 429) apresentam o tema da seguinte forma:

A avaliação da segurança envolve vários aspectos do pavimento, da sinalização, do comportamento humano, etc. Quanto ao aspecto do pavimento, além da geometria e irregularidade superficial, é importante avaliar o atrito pneu-pavimento, principalmente em dias de chuva, que envolve a quantificação da resistência à derrapagem que é função da aderência.

Conforme Bernucci et al. (2006, p. 429) afirmam, diversos são os fatores que influenciam na aderência em pistas molhadas, mas dois podem ser destacadas “[...] a textura superficial da pista e características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo)”. E ainda completam “A segurança em pistas molhadas pode ser considerada como um dos aspectos funcionais de um pavimento, muito embora haja pouca tradição no país de sua avaliação ou medida em rodovias, sendo mais usual em aeroportos.”.

Bernucci et al. (2006, p. 429-430) ainda ressaltam que “O contato de um pneu com o pavimento é uma interação complexa, dependendo de fatores como adesão entre a borracha e o pavimento e histerese decorrente da deformação do pneu provocada principalmente pelos agregados presentes na superfície”. Devido a essa grande diversidade de fatores influenciarem na aderência pneu-pavimento, os engenheiros rodoviários optam por aprofundar o foco das suas avaliações na textura do pavimento, tendo em vista que a textura é um dos aspectos da aderência em que se pode ter um controle mais elevado.

O quadro 7 apresenta a classificação da textura dos pavimentos. Esta classificação se dá de acordo com o comprimento de onda ou então pelo distanciamento existente entre dois picos ou duas depressões consecutivas que se encontrem na superfície do pavimento (BERNUCCI et al., 2006, p. 430).

Classe	Altura média da mancha de areia (mm)
Muito fina ou muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fina ou fechada	$0,20 < HS \leq 0,40$
Média	$0,40 < HS \leq 0,80$
Grosseira ou aberta	$0,80 < HS \leq 1,20$
Muito grosseira ou muito aberta	$HS > 1,20$

Quadro 7: classificação da textura de um pavimento (BERNUCCI et al., 2006, p. 430)

Bernucci et al. (2006, p. 430) afirmam que:

A megatextura e a irregularidade interferem na dinâmica veicular e no contato do veículo com o pavimento, afetando também a estabilidade direcional e a aderência em pistas molhadas. No entanto, para a avaliação da textura da superfície no que se refere à aderência são enfocadas a microtextura, dependente da superfície e aspereza dos agregados, e a macrotextura, dependente da rugosidade formada pelo conjunto agregado e mástique.

Pode-se avaliar a microtextura do pavimento com um equipamento chamado de pêndulo britânico. Este aparelho é constituído de uma estrutura, que o deixa em pé, e um braço que faz movimentos pendulares. No extremo deste braço existe uma sapata revestida com uma borracha. O pavimento a ser ensaiado é umedecido antes de se soltar o braço, a borracha no extremo do braço é atritada com o pavimento e ela mede o valor de resistência à derrapagem (VRD) (BERNUCCI et al., 2006, p. 430). Este equipamento e seu funcionamento podem ser melhor entendidos através da figura 5.



Figura 5: operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem (BERNUCCI et al., 2006, p. 431).

O quadro 8 apresenta informações sobre as classes de microtextura comparado aos valores de VRD.

Classe	Valor de resistência à derrapagem
Perigosa	< 25
Muito lisa	$25 \leq \text{VRD} \leq 31$
Lisa	$32 \leq \text{VRD} \leq 39$
Insuficientemente rugosa	$40 \leq \text{VRD} \leq 46$
Mediamente rugosa	$47 \leq \text{VRD} \leq 54$
Rugosa	$55 \leq \text{VRD} \leq 75$
Muito rugosa	$\text{VRD} > 75$

Quadro 8: classes de microtextura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO³, 1999 apud BERNUCCI et al., 2006, p. 431)

Bernucci et al. (2006, p. 432) ainda alertam que:

Tem-se recomendado o valor mínimo de 47 para garantir pelo menos uma microtextura mediamente rugosa. A microtextura é uma característica muito importante para rompimento da película de água e promoção do contato pneu-pavimento para baixas velocidades de deslocamento, de até cerca de 40km/h.

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo técnico sobre a avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil**. Rio de Janeiro, 1999. Boletim Técnico n. 18.

Já a macrotextura pode ser determinada a partir de diversas formas, mas a mais comum é o ensaio simples de altura média da mancha de areia, devido ao baixo custo dos materiais envolvidos (BERNUCCI et al., 2006, p. 430). As informações sobre os materiais e procedimentos do ensaio são dadas por Bernucci et al. (2006, p. 430-431):

A areia deve ser uniforme, arredondada, passante pela peneira número 60 (0,117mm) e retida na peneira número 80 (0,250mm), com um volume de 25.000mm³. A areia deve ser espalhada sobre a superfície do pavimento com auxílio de uma base de pistão circular, que é movimentada em círculos, paralelamente à superfície do pavimento, de modo a distribuí-la de forma homogênea, perfazendo um círculo de areia [...] O espalhamento cessa quando aparecerem algumas pontas dos agregados. Mede-se na sequência o diâmetro do círculo de areia com o auxílio de uma trena ou régua, em três direções distintas e faz-se a média das três determinações [...]

Bernucci et al. (2006, p. 432) apresentam a fórmula 11 para cálculo da altura média da mancha de areia:

$$HS = \frac{4V}{D^2\pi} \quad (\text{fórmula 11})$$

Onde:

HS = altura média de mancha de areia em mm;

V = volume constante de areia de 25.000mm³;

D = diâmetro médio do círculo de areia em mm.

Após calcular a altura média da mancha de areia, entra-se com o valor encontrado no quadro 7, anteriormente ilustrado, para classificá-la. Recomenda-se que a macrotextura dos pavimentos asfálticos estejam na faixa entre 0,60 mm e 1,20 mm de altura média da mancha de areias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO⁴, 1999 apud BERNUCCI et al., 2006, p. 432).

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo técnico sobre a avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil**. Rio de Janeiro, 1999. Boletim Técnico n. 18.

Recomenda-se que a macrotextura dos pavimentos asfálticos estejam na faixa entre 0,60 mm e 1,20 mm de altura média da mancha de areias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO⁵, 1999 apud BERNUCCI et al., 2006, p. 432).

Bernucci et al. (2006, p. 433) alertam que:

Todos os defeitos que interferem na geometria da via, como afundamentos em trilhas de roda ou localizados, e que resultem no acúmulo de água na superfície do pavimento, são indesejáveis para a aderência, pois aumentam a espessura de película de água, aumentando o risco de hidroplanagem.

⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo técnico sobre a avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil.** Rio de Janeiro, 1999. Boletim Técnico n. 18.

5 SOLUÇÕES PARA RESTAURAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS

Bernucci et al. (2006, p. 466) afirmam que:

Quando não existem problemas estruturais e a restauração é necessária para a correção de defeitos funcionais superficiais, são empregados geralmente os tipos de revestimentos a seguir, isolados ou combinados e antecedidos ou não por uma remoção de parte do revestimento antigo por fresagem:

- a) lama asfáltica;
- b) tratamento superficial simples ou duplo;
- c) microrrevestimento asfáltico a frio e a quente;
- d) concreto asfalto;
- e) mistura tipo camada porosa de atrito, SMA ou mistura descontínuas.

Estes tipos de revestimentos para restauração de pavimentos são descritos a seguir.

5.1 LAMA ASFÁLTICA

A aplicação de lama asfáltica tem o objetivo de selar as trincas e rejuvenescer o pavimento (BERNUCCI et al., 2006, p. 466). Na Norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER) 314 (BRASIL, 1997a, p. 2), lama asfáltica é definida da seguinte forma: “[...] consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.”. Esta Norma DNER 314 (BRASIL, 1997a, p. 2) ainda afirma que “A lama asfáltica pode ser empregada como camada de selamento, impermeabilização e rejuvenescimento de pavimentos.”.

Para a execução deste processo de restauração, a lama asfáltica deve ser espalhada com velocidade baixa e uniforme. Deve-se ter cuidado com a consistência da mistura e com possíveis falhas no espalhamento, podendo gerar excesso de lama asfáltica em alguns pontos e escassez em outros. Caso haja algum destes tipos de problemas, eles devem ser corrigidos imediatamente após a execução. Utilizam-se sacos de aniagem umedecidos com a própria

lama asfáltica para fazer o acabamento final, concedendo ao pavimento um aspecto mais liso (BRASIL, 1997a, p. 5).

A Norma DNER 314 (BRASIL, 1997a, p. 5) informa que:

Duas a três horas após o espalhamento da lama asfáltica, com emulsão catiônicas, a superfície tratada deverá ser liberada ao tráfego. Com emulsões aniônicas, esse prazo poderá ser bastante prolongado, dependendo das condições de ruptura da emulsão. É importante que a faixa trabalhada seja reaberta ao tráfego após a lama asfáltica ter adquirido consistência suficiente para resistir ao tráfego sem desagregar. Em segmentos sem tráfego, recomenda-se o emprego de rolos pneumáticos para melhorar a coesão da lama asfáltica.

5.2 TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO

O Tratamento Superficial Simples e o Tratamento Superficial Duplo servem para a selagem de trincas e restauração da aderência superficial (BERNUCCI et al., 2006, p. 466). A Norma DNER 308 (BRASIL, 1997b, p. 2) define “Tratamento Superficial Simples (TSS), [como a] camada de revestimento do pavimento constituída de uma aplicação de ligante betuminoso coberta por uma camada de agregado mineral, submetida à compressão.”. Só é permitida a execução deste serviço em dias com temperatura acima dos 10°C e que não esteja chovendo.

Para a execução do TSS é necessário, primeiramente, que se realize uma varredura do trecho, a fim de eliminar todas as partículas de sujeira e poeira. O ligante betuminoso deve ser aplicado de uma só vez em toda a largura da faixa a ser tratada. Deve-se ter um cuidado especial nos juntas transversais (entre duas aplicações sucessivas de ligante) e longitudinais (caso haja a aplicação em mais de uma faixa de tráfego). Imediatamente após aplicação do ligante betuminoso, deve-se proceder ao espalhamento do agregado em uma camada de espessura indicada em projeto. A seguir, deve-se começar a compactação do agregado e após comprimido o agregado, é recomendável que se faça uma nova varredura do trecho para retirar o material solto. Só então o trecho pode ser liberado pra o tráfego (BRASIL, 1997b, p. 5).

A Norma DNER 308 (BRASIL, 1997b, p. 8) afirma que:

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra de 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às

estacas da locação. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder 0,50 cm, quando verificada com qualquer das duas réguas.

Já a Norma DNER 309 (BRASIL, 1997c, p. 2), define o Tratamento Superficial Duplo (TSD) como “[...] camada de revestimento do pavimento constituída por duas aplicações sucessivas de ligante betuminoso, cobertas cada uma por camada de agregado mineral, submetidas à compressão.”. Com isso, nota-se que a única diferença entre o TSS e o TSD é a quantidade de camadas a serem executadas na melhoria do pavimento.

5.3 MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO E A QUENTE

O microrrevestimento serve para selar as trincas e restaurar a aderência superficial (BERNUCCI et al., 2006, p. 467). A NBR 14.948 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 4) define:

Microrrevestimento asfáltico a frio é uma mistura composta de agregado mineral, material de enchimento, filler, emulsão asfáltica modificada por polímero, água e aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. O microrrevestimento asfáltico a frio pode ser empregado como camada de selagem inibidora de trincas, impermeabilização, rejuvenescimento ou como camada antiderrapante de pavimentos

Só se pode começar a aplicação do microrrevestimento asfáltico a frio em dias que não tenham possibilidade de chuva e tenham temperatura do ar na faixa de 10 a 40°C. Deve-se fazer a limpeza prévia do trecho para evitar defeitos de execução. A aplicação é feita de maneira uniforme e com velocidade reduzida. A pista pode ser liberada para o tráfego após, em média, uma hora e meia após o lançamento da mistura, assim que o microrrevestimento apresentar coesão suficiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 8).

Quanto ao acabamento da superfície, a Norma DNIT 035 (BRASIL, 2005, p. 5) afirma que “A superfície acabada é verificada visualmente devendo se apresentar desempenada e com o mesmo aspecto e textura obtidos nos segmentos experimentais.”. As especificações de limpeza, lançamento, acabamento e liberação para o tráfego do microrrevestimento asfáltico a quente, seguem as mesmas diretrizes apontadas para o microrrevestimento asfáltico a frio.

5.4 CONCRETO ASFÁLTICO

A Norma DNIT 031 (BRASIL, 2006b, p. 3) define concreto asfalto como “Mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.”. Ainda conforme essa Norma DNIT 031, “O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), base, regularização ou reforço do pavimento.”.

Sua execução é precedida de uma pintura de ligação, deve-se ter um cuidado especial com a temperatura do ligante (observando para cada tipo específico de ligante a sua temperatura ideal) e dos agregados – estes devem ser aquecidos a temperaturas de 10 a 15°C acima da temperatura do ligante, sendo que a temperatura de 177°C é a máxima que pode ser atingida –, após deve ser proceder a produção e transporte do concreto asfáltico e, por conseguinte, deve ser feita a distribuição e compactação da mistura. O tráfego deve ser afastado do local até o resfriamento completo do revestimento (BRASIL, 2006b, p. 7-8).

5.5 MISTURA TIPO CAMADA POROSA DE ATRITO

A Norma DNER 386 (BRASIL, 1999, p. 2) adota a seguinte definição para este tipo de reabilitação da superfície asfáltica como sendo uma “[...] mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente.”. Conforme esta mesma Norma, “O pré-misturado a quente com asfalto polímero pode ser empregado como camada subjacente ao revestimento, com a função de camada porosa de atrito.”. Conforme afirmam Bernucci et al. (2006, p. 467) este tipo de mistura serve “[...] para melhorar a condição de atrito e o escoamento de água superficial.”.

Antes de iniciar-se a execução, a camada subjacente deve apresentar-se limpa e com pintura de ligação. Deve-se ter um cuidado especial com a temperatura de aquecimento do ligante asfáltico, já que esta é uma função do teor de polímero incorporado a mistura; a temperatura dos agregados também merece uma atenção especial, devendo estar entre 10 e 15° acima da temperatura do cimento asfáltico. A distribuição do material deve ser realizada por máquinas

acabadoras e caso a superfície final apresente irregularidades, estas devem ser corrigidas através de lançamento manual da mistura e espalhados por ancinhos e rodos metálicos. Após a completa distribuição é realizada a rolagem por rolo metálico liso. O tráfego só poderá ser reaberto quando a superfície atingir seu completo resfriamento (BRASIL, 1999, p. 6-7).

6 AVALIAÇÃO DA RODOVIA

A rodovia a ser avaliada é a BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com a BR-473(A) (entrada para Tabuleiro) e o entroncamento com a BR-377(A) (entrada para Alegrete), apresentando uma extensão de 169,6 km. Esta rodovia é parte do conjunto de melhoramentos de rodovias brasileiras previstos no CREMA 1. etapa e financiados pelo Governo Federal.

6.1 LEVANTAMENTOS REALIZADOS

Trata-se de uma rodovia de pista simples que possui um volume de tráfego de 2312 veículos por dia. Nos levantamentos realizados na rodovia para verificação dos defeitos, foram utilizados dois métodos: o LVC (Levantamento Visual Contínuo) e o IGG (avaliação objetiva da superfície), sendo que ambos já foram apresentados anteriormente com todas as suas particularidades, formas de aplicação e de obtenção de parâmetros nesse trabalho. Simultaneamente à utilização destes métodos foi realizada uma Avaliação Visual da Solução (AVS). Esta AVS é uma avaliação visual – como o próprio nome indica – onde um engenheiro especialista em pavimentos percorre o trecho e busca indicar soluções para a revitalização da camada asfáltica para proporcionar aos engenheiros projetistas diretrizes de projeto de melhoramento do pavimento em questão (trabalho não publicado)⁶.

Para a classificação dos defeitos encontrados através do IGG e do LVC, foram utilizadas as mesmas classificações e codificações constantes no quadro 1, desse trabalho. Por outro lado, as codificações das soluções indicadas pelo engenheiro de pavimentos responsável pela avaliação do trecho estudado, estão apresentadas no quadro 9. Estas soluções fazem parte do escopo do projeto; devendo, então, o engenheiro apontar alguma destas soluções de catálogo para revitalizar o pavimento (trabalho não publicado)⁷.

⁶ Informação obtida no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

⁷ idem.

Código	Especificação
SL	Selagem de Trincas
FSx %	Percentual da área da pista de rolamento onde deverá ser executado o serviço de fresagem, constituído por: - Fresagem de x cm do pavimento, e % percentual do trecho homogêneo a ser fresado; - Pintura de ligação; - Recomposição de x cm com CBUQ.
LAMA	lama asfáltica grossa
MICRO	micro revestimento com polímero
REP	reperfilagem (espalhamento de massa fina)
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
CBUQp	Concreto Betuminoso Usinado à Quente com asfaltos modificados
AAUQ	Areia Asfáltica Usinada à Quente
TSS	Tratamento Superficial Simples
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSDp	Tratamento Superficial Duplo com emulsões modificadas ou com asfaltos modificados
RB	Reciclagem de Base

Quadro 9: catálogo de soluções técnicas utilizadas no projeto
(trabalho não publicado)⁸

6.2 RESUMO DOS DADOS LEVANTADOS

Estando o pavimento da rodovia inventariado quanto aos seus defeitos, parte-se para a separação em trechos homogêneos. Esta separação é obtida a partir do agrupamento de extensões que apresentam defeitos de mesmo grau de severidade e frequência de

⁸ Informação obtida no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

aparecimento. O trecho em estudo foi dividido em 71 segmentos homogêneos, sendo que esses variam entre uma extensão mínima de 0,1 km e uma extensão máxima de 3,0 km. Para cada um destes trechos, foram calculados os índices que embasam os levantamentos através do IGG e o LVC (trabalho não publicado)⁹.

Através dos dados obtidos nos levantamentos, foi determinado o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), conforme a Norma DNIT 008, que é calculado em função de pesos atribuídos aos defeitos existentes no pavimento e suas frequências relativas em cada segmento homogêneo (BRASIL, 2003c, p. 4). O cálculo é realizado como mostra a fórmula 8 deste presente trabalho.

Também foi realizado, em um segundo momento, um inventário de superfície (IGG), de acordo com a Norma DNIT 006, a cada 20 metros alternando as faixas de rolamento, medindo inclusive as trilhas de roda (BRASIL, 2003b, p. 3). O cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI) – um dos passos para obtenção do IGG – foi realizado através da fórmula 2 deste trabalho de diplomação. O quadro que apresenta os fatores de ponderação envolvidos nesta fórmula é o quadro 2. Para encontrar o valor do IGG, foi realizado o somatório dos IGI dos trechos. O resumo das informações obtidas em campo, bem como os resultados dos cálculos realizados e as soluções propostas para cada um dos trechos homogêneos estão discriminados no quadro 10 (trabalho não publicado)¹⁰.

Nas primeiras colunas deste quadro são apresentadas a localização e extensão do segmento homogêneo e em seguida estão apresentados os índices que fazem parte da análise quanto a Norma DNIT 006 (2003b): o percentual de trincas classe 2 e classe 3 existentes, o percentual de ondulações ou corrugações, seguido pelo percentual de painéis e remendos e também o de exsudação; além destes itens também são explícitos a flecha máxima de trilha de roda em milímetros e o valor calculado do IGG. Quanto aos índices utilizados para análise quanto a Norma DNIT 008 (2003c), estão apresentados no quadro 10 a existência de trincas classes 2 e 3, de afundamentos plásticos e painéis – estes índices estão classificados de acordo com a frequência que se apresentam no segmento homogêneo como sendo: Alta, Média ou Baixa –; apresenta o valor calculado para o IGGE, o valor de ICPF (Índice de Condição dos

⁹ Informação obtida no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

¹⁰ Todos os dados do quadro 11 foram obtidos no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

Pavimentos Flexíveis) e o valor de IES (Índice do Estado da Superfície do pavimento). Além de todos estes dados, o quadro 10 apresenta em sua última coluna a solução para os defeitos apresentados com base na Avaliação Visual da Solução (AVS) (trabalho não publicado)¹¹.

Estas soluções indicadas deveriam ser aplicadas em toda a largura da pista de rolamento e em toda a extensão dos segmentos homogêneos.

¹¹ Todos os dados do quadro 11 foram obtidos no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

nº	segmento		extensão (km)	DNIT PRO 006								DNIT PRO 008					Solução
	km início	km fim		FC-2	FC-3	O	P	R	Ex	Flecha (mm)	IGG	FC-2 + FC-3	AP	P	IGGE	ICPF	
1	413,2	415,4	2,2	0%	9%	0%	0%	27%	0%	1,4	55	B		47	3,5	2	FS5 100%
2	415,4	418,1	2,7	27%	0%	0%	0%	36%	0%	1,1	59	M		63	3,5	4	FS5 100%
3	418,1	419,4	1,3	0%	0%	0%	0%	0%	18%	1,0	48			15	3,5	0	FS5 100%
4	419,4	421,5	2,1	9%	0%	0%	0%	0%	9%	0,9	31	B		5	4	0	FS5 100%
5	421,5	422,2	0,7	0%	9%	36%	0%	0%	36%	6,5	103	B		59	3,5	2	FS5 100%
6	422,2	424,8	2,6	9%	0%	0%	0%	9%	27%	2,2	58	B		13	3,5	0	FS5 100%
7	424,8	427	2,2	9%	0%	9%	0%	9%	0%	5,7	65	B		20	3,5	0	FS5 100%
8	427	430	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4,9	30			3	4	0	Micro
9	430	433	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1,5	10			0	4	0	FS5 10% + Micro
10	433	436	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	4			0	4	0	Micro
11	436	439	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,3	2			0	4	0	Micro
12	439	442	3	0%	0%	0%	0%	0%	18%	3,6	36			7	3,5	0	Micro
13	442	445	3	36%	0%	18%	0%	0%	0%	2,3	46	M		58	3,5	4	Micro
14	445	448	3	0%	0%	0%	0%	0%	9%	7,8	24			0	4	0	REP + Micro
15	448	451	3	0%	0%	0%	0%	0%	27%	3,4	38			0	3,5	0	REP + Micro
16	451	454	3	0%	0%	0%	0%	0%	36%	6,7	35			0	3,5	0	REP + Micro
17	454	457	3	0%	0%	0%	0%	0%	27%	5,7	29			3	3,5	0	REP + Micro
18	457	460	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,0	23			0	4	0	REP + Micro
19	460	462	2	0%	0%	0%	0%	0%	18%	6,9	41			0	3,5	0	FS5 60% + REP + Micro
20	462	465	3	0%	0%	0%	0%	0%	9%	3,4	42			15	4	0	FS5 10% + REP + Micro
21	465	468	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,5	23			0	4	0	REP + Micro
22	468	471	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4,3	24			0	4	0	REP + Micro
23	471	474	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8,2	28			15	4	0	FS5 15% + REP + Micro
24	474	475,3	1,3	0%	0%	0%	0%	0%	9%	7,5	49			3	4	0	REP + Micro

continuação

nº	segmento		extensão (km)	DNIT PRO 006								DNIT PRO 008					Solução	
	km início	km fim		FC-2	FC-3	O	P	R	Ex	Flecha (mm)	IGG	FC-2 + FC-3	AP	P	IGGE	ICPF		IES
25	475,3	475,8	0,5	45%	9%	0%	0%	36%	0%	5,5	101	M			63	3,5	4	FS5 100%
26	475,8	478,1	2,3	27%	0%	0%	0%	0%	0%	6,0	62	M			23	4	2	REP + Micro
27	478,1	479,9	1,8	55%	9%	0%	0%	9%	0%	1,1	85	A	B		51	3,5	4	Micro
28	479,9	480	0,1	60%	0%	0%	0%	0%	60%	7,0	94	A			36	3,5	2	FS5 100%
29	480	480,6	0,6	55%	0%	9%	0%	64%	73%	7,2	147	A			107	3	7	FS5 100%
30	480,6	482,4	1,8	9%	0%	0%	0%	9%	55%	8,9	73	B			23	3,5	2	FS5 100%
31	482,4	482,8	0,4	73%	0%	0%	0%	0%	27%	7,4	96	A			36	3,5	2	FS5 100%
32	482,8	483	0,2	0%	0%	0%	0%	0%	40%	6,8	59				15	3,5	0	Micro
33	483	483,4	0,4	17%	0%	0%	0%	8%	17%	3,4	57	M			31	3,5	2	Micro
34	483,4	485	1,6	9%	0%	0%	0%	0%	9%	3,2	48	B			15	3,5	0	FS5 60% + Micro
35	485	487,7	2,7	91%	0%	0%	0%	100%	0%	7,3	152	A			100	3	7	FS5 100%
36	487,7	490	2,3	9%	0%	0%	0%	0%	0%	3,5	56	B			24	4	2	FS5 100%
37	490	493	3	36%	9%	0%	0%	9%	36%	5,9	98	M			31	3,5	2	FS5 100%
38	493	496	3	0%	0%	0%	0%	0%	64%	3,6	42				0	3,5	0	Micro
39	496	499	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2,0	28				0	4	0	Micro
40	499	502	3	0%	0%	0%	0%	0%	27%	1,1	20				0	3,5	0	Micro
41	502	505	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	3				0	4	0	Micro
42	505	508	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	0				0	4	0	Micro
43	508	511	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1,0	20				0	4	0	Micro
44	511	514	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	3				0	4	0	Micro
45	514	517	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	14				0	4	0	Micro
46	517	520	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,9	19				0	4	0	Micro
47	520	523	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1,1	23				0	4	0	Micro

continua

nº	segmento		extensão (km)	DNIT PRO 006								DNIT PRO 008					Solução	
	km início	km fim		FC-2	FC-3	O	P	R	Ex	Flecha (mm)	IGG	FC-2 + FC-3	AP	P	IGGE	ICPF		IES
48	523	526	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	0				0	4	0	Micro
49	526	529	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	7				0	4	0	Micro
50	529	532	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	8				0	4	0	Micro
51	532	535	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	11				0	4	0	Micro
52	535	538	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	19				0	4	0	Micro
53	538	541	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1,0	31				0	4	0	Micro
54	541	544	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	20				0	4	0	Micro
55	544	547	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1,9	33				0	4	0	Micro
56	547	550	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	28			B	8	3,5	0	Micro
57	550	551	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	23				0	4	0	Micro
58	551	554	3	0%	0%	0%	0%	9%	0%	1,0	40				23	3,5	2	FS5 100%
59	554	554,8	0,8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	8				0	4	0	Micro
60	554,8	557	2,2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	0				0	4	0	Micro
61	557	558,6	1,6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	3				0	4	0	Micro
62	558,6	561,5	2,9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	11				0	4	0	Micro
63	561,5	564	2,5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,0	3				0	4	0	Micro
64	564	565,5	1,5	67%	0%	0%	0%	83%	0%	5,0	124	A			100	3	7	FS5 100%
65	565,5	568,5	3	60%	0%	0%	0%	0%	10%	3,3	91	A		B	44	3,5	2	FS5 100%
66	568,5	571,5	3	0%	0%	0%	0%	36%	0%	0,9	42				43	3,5	2	FS5 100%
67	571,5	574,4	2,9	0%	0%	0%	0%	9%	0%	0,0	7				11	3,5	0	FS5 100%
68	574,4	574,7	0,3	9%	0%	0%	0%	0%	18%	4,1	41	B			5	3,5	0	FS5 100%
69	574,7	577	2,3	0%	0%	9%	0%	27%	0%	1,4	56				50	3,5	2	Micro
70	577	580	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,2	13				0	4	0	Micro
71	580	582,8	2,8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,1	26				0	4	0	Micro

Quadro 10: caracterização dos segmentos homogêneos e suas soluções

6.3 READEQUAÇÕES DAS SOLUÇÕES DE RECUPERAÇÃO

Como as soluções indicadas primeiramente em projeto foram baseadas na AVS, elas deveriam ser submetidas a análises de engenheiros especialistas em pavimento. Esta reavaliação foi realizada por engenheiros da empresa construtora ganhadora da licitação para reabilitação do trecho em questão. Com base nos índices calculados para o pavimento e reconhecimento de campo sobre a situação de cada segmento, estes engenheiros analisaram todas as informações disponíveis e delegaram as soluções funcionais que mais se adaptam para cada um dos segmentos homogêneos. Alguns dos 71 segmentos homogêneos iniciais foram subdivididos para que as soluções conseguissem atender as necessidades de restauração do pavimento com a maior eficiência possível.

Apresenta-se a seguir o resumo com as readequações de projeto e as justificativas que levaram a estas modificações por parte dos engenheiros de campo.

6.3.1 Quadro resumo das modificações das soluções

Aqui estão apresentados os segmentos homogêneos de acordo com o quadro 10, alguns com nova subdivisão para melhor atender as necessidades de restaurações, com a busca de uma restauração funcional eficiente e que proporcionasse aos usuários um maior conforto e segurança. Segue o quadro 11, contendo o resumo das modificações por trecho homogêneo, em sua primeira coluna é apresentada a nova numeração dos trechos homogêneos, na segunda coluna a numeração que se refere a numeração de projeto, na terceira e quarta colunas informam as quilometragens de início e fim do trecho e suas extensão, nas colunas seguintes são apresentadas as soluções de projeto e as soluções readequadas.

n°	n° seg.	segmento		extensão (km)	Solução de projeto	Solução executada (readequação)
		km início	km fim			
1	1	413,2	415,4	2,2	FS5 100%	FS5 100%
2	2A	415,4	416,1	0,7	FS5 100%	FS5 100%
3	2B	416,1	418,1	2,0		FS5 40% + Micro
4	3A	418,1	418,33	0,2	FS5 100%	FS5 40% + Micro
5	3B	418,33	418,89	0,6		
6	3C	418,89	419,4	0,5		
						FS5 45% + Micro

continua

continuação

n°	n° seg.	segmento		extensão (km)	Solução de projeto	Solução executada (readequação)
		km início	km fim			
7	4A	419,4	420,6	1,2	FS5 100%	FS5 40% + Micro
8	4B	420,6	420,9	0,3		
9	4C	420,9	421,5	0,6		FS5 40% + Micro
10	5	421,5	422,2	0,7	FS5 100%	RB + FS5 100%
11	6	422,2	424,8	2,6	FS5 100%	FS5 40% + Micro + REP
12	7	424,8	427	2,2	FS5 100%	FS5 40% + Micro + REP
13	8	427	430	3,0	Micro	Micro
14	9	430	433	3,0	FS5 10% + Micro	FS5 10% + Micro
15	10	433	436	3,0	Micro	Micro
16	11	436	439	3,0	Micro	Micro
17	12	439	442	3,0	Micro	Micro
18	13	442	445	3,0	Micro	Micro
19	14	445	448	3,0	REP + Micro	REP + Micro
20	15	448	451	3,0	REP + Micro	REP + Micro
21	16	451	454	3,0	REP + Micro	REP + Micro
22	17	454	457	3,0	REP + Micro	REP + Micro
23	18	457	460	3,0	REP + Micro	REP + Micro
24	19	460	462	2,0	FS5 60% + REP + Micro	FS5 60% + REP + Micro
25	20	462	465	3,0	FS5 10% + REP + Micro	FS5 10% + REP + Micro
26	21	465	468	3,0	REP + Micro	FS5 30% + REP + Micro
27	22	468	471	3,0	REP + Micro	FS5 30% + REP + Micro
28	23	471	474	3,0	FS5 15% + REP + Micro	FS5 15% + REP + Micro
29	24	474	475,3	1,3	REP + Micro	REP + Micro
30	25	475,3	475,8	0,5	FS5 100%	FS5 100%
31	26	475,8	478,1	2,3	REP + Micro	REP + Micro
32	27	478,1	479,9	1,8	Micro	Micro
33	28	479,9	480	0,1	FS5 100%	FS5 100%
34	29	480	480,6	0,6	FS5 100%	FS5 100%
35	30	480,6	482,4	1,8	FS5 100%	FS5 100%
36	31	482,4	482,8	0,4	FS5 100%	FS5 100%
37	32	482,8	483	0,2	Micro	Micro
38	33	483	483,4	0,4	Micro	Micro
39	34	483,4	485	1,6	FS5 60% + Micro	FS5 60% + REP + Micro
40	35	485	487,7	2,7	FS5 100%	FS5 100%
41	36	487,7	490	2,3	FS5 100%	FS5 100%
42	37A	490	492	2,0	FS5 100%	FS5 100%
43	38B	492	493	1,0		FS5 40%
44	38	493	496	3,0	Micro	FS5 40% + Micro
45	39	496	499	3,0	Micro	Micro

continua

continuação

n°	n° seg.	segmento		extensão (km)	Solução de projeto	Solução executada (readequação)
		km início	km fim			
46	40	499	502	3,0	Micro	Micro
47	41	502	505	3,0	Micro	Micro
48	42	505	508	3,0	Micro	Micro
49	43	508	511	3,0	Micro	Micro
50	44	511	514	3,0	Micro	Micro
51	45	514	517	3,0	Micro	Micro
52	46	517	520	3,0	Micro	Micro
53	47	520	523	3,0	Micro	Micro
54	48	523	526	3,0	Micro	Micro
55	49	526	529	3,0	Micro	Micro
56	50	529	532	3,0	Micro	Micro
57	51	532	535	3,0	Micro	Micro
58	52	535	538	3,0	Micro	Micro
59	53	538	541	3,0	Micro	Micro
60	54	541	544	3,0	Micro	Micro
61	55	544	547	3,0	Micro	Micro
62	56	547	550	3,0	Micro	Micro
63	57	550	551	1,0	Micro	Micro
64	58	551	554	3,0	FS5 100%	FS5 100%
65	59	554	554,8	0,8	Micro	Micro
66	60	554,8	557	2,2	Micro	Micro
67	61	557	558,6	1,6	Micro	Micro
68	62	558,6	561,5	2,9	Micro	Micro
69	63	561,5	564	2,5	Micro	
70	64	564	565,5	1,5	FS5 100%	FS5 100%
71	65	565,5	568,5	3,0	FS5 100%	FS5 100%
72	66	568,5	571,5	3,0	FS5 100%	FS5 25% + Micro
73	67	571,5	574,4	2,9	FS5 100%	FS5 25% + Micro
74	68	574,4	574,7	0,3	FS5 100%	FS5 100%
75	69	574,7	577	2,3	Micro	Micro
76	70	577	580	3,0	Micro	Micro
77	71	580	582,8	2,8	Micro	Micro

Quadro 11: resumo das modificações das soluções (trabalho não publicado)¹²

¹² Informação obtida no Relatório do Projeto do CREMA 1. Etapa da BR-290/RS no trecho entre o entroncamento com BR-473 (A) para Tabuleiro e o entroncamento com a BR-377 (A) para Alegrete.

6.3.2 Análise das readequações

Analisando o quadro 11, pode-se perceber que dos 71 trechos homogêneos que foram obtidos na primeira análise de projeto alguns foram subdivididos, o que nos leva a um novo número total de 77 segmentos homogêneos. Destes, 59 segmentos tiveram sua solução de reabilitação preservada, o que indica que uma boa avaliação visual foi realizada e as soluções previstas na AVS atendem as solicitações de restauração funcional do pavimento. Os 18 segmentos restantes tiveram suas soluções readequadas, para que melhor atendessem a necessidade de restauração de cada trecho.

Pode-se notar que três segmentos, enumerados como 5, 8 e 69, não apresentam solução executada apresentada no quadro 11. Esse fato pode ser explicado pela boa condição do pavimento nos trechos em questão. Por se tratarem de segmentos relativamente curtos e por terem seus segmentos anteriores e posteriores um tratamento final feito por microrrevestimento modificado por polímero, foi aplicado nesses trechos este mesmo tratamento, visto que esse tratamento melhora a textura superficial em termos de aderência pneu-pavimento.

Nos segmentos representados pelos números 3, 4, 6, 7, 9, 43, 72 e 73 pode-se notar que a principal mudança entre a solução indicada em projeto e a solução executada é a redução do percentual da área de fresagem. Isto é dado pelo fato da área real que necessitava de intervenção um pouco mais severa como a fresagem era menos extensa do que a área indicada pela AVS. Após a fresagem é feito a recomposição do revestimento asfáltico com espessura igual à fresada, neste caso 5 cm. Como tratamento final desses trechos foi utilizado o microrrevestimento asfáltico modificado por polímero, isto porque este tratamento resiste a reflexão das trincas além de melhorar a aderência pneu-pavimento, por melhora a textura superficial da camada de rolamento.

No segmento de número 44, o que ocorreu foi o contrário, a solução prevista em projeto foi o microrrevestimento modificado por polímero. Essa solução foi adequada em projeto para uma fresagem de 5 cm de espessura nos 40% da área em pior estado de conservação. Esta mudança pode ter sido acarretada pela deterioração do pavimento no tempo decorrido entre a AVS e a solução ser implantada. Como tratamento final também foi utilizado o microrrevestimento modificado por polímero pelas suas características já anteriormente citadas.

Nos segmentos 11 e 12 pode-se notar que a solução de projeto era muito conservadora, apresentando que toda a extensão do segmento deveria ser fresada e recomposta em 5 cm de espessura. A análise posterior do trecho identificou que apenas 40% da área deveria receber este tratamento. Com o intuito de corrigir as irregularidades longitudinais do trecho foi proposta uma reperfilagem, ou seja, o espalhamento – em toda a extensão do segmento – de uma massa fina de concreto asfáltico. Por fim, como tratamento final foi proposto o microrrevestimento modificado por polímero, para garantir uma boa aderência pneu-pavimento.

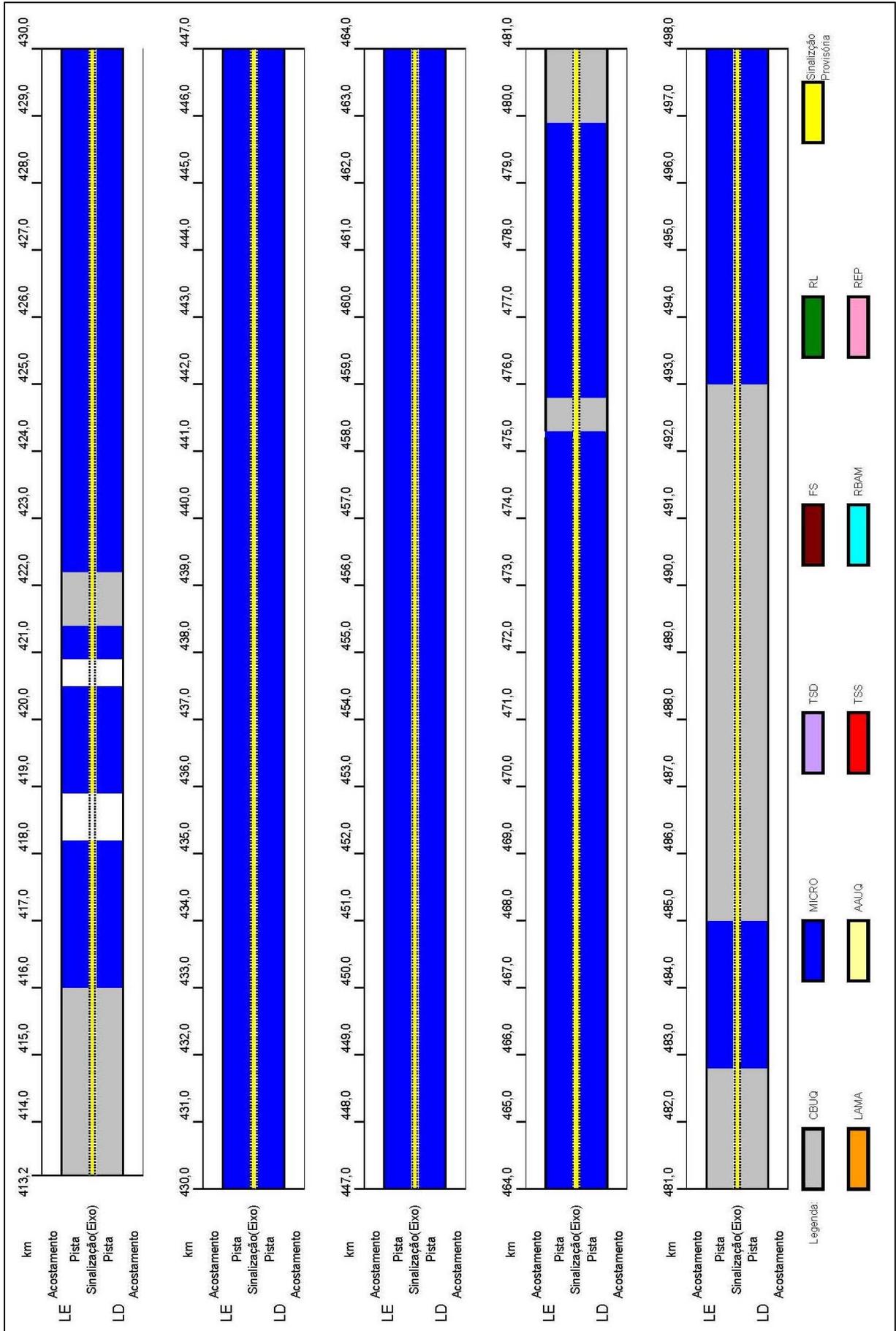
Para o segmento de número 39, a readequação apenas propiciou mais uma passo intermediário a solução proposta em projeto; entre a fresagem de 5 cm em 60% da área do segmento e a aplicação do microrrevestimento modificado por polímero foi introduzida uma reperfilagem. Esse espalhamento de massa fina de concreto asfalto tem como princípio corrigir as irregularidades longitudinais do trecho em questão.

Para os segmentos 26 e 27, foram elencadas como solução de projeto uma reperfilagem e um microrrevestimento modificado por polímero. Como esses segmentos apresentavam 30% das suas áreas em pior estado de degradação, foi efetuado uma fresagem desta área para posterior espalhamento de massa fina de concreto asfáltico e tratamento com microrrevestimento, como foi previsto na solução de projeto.

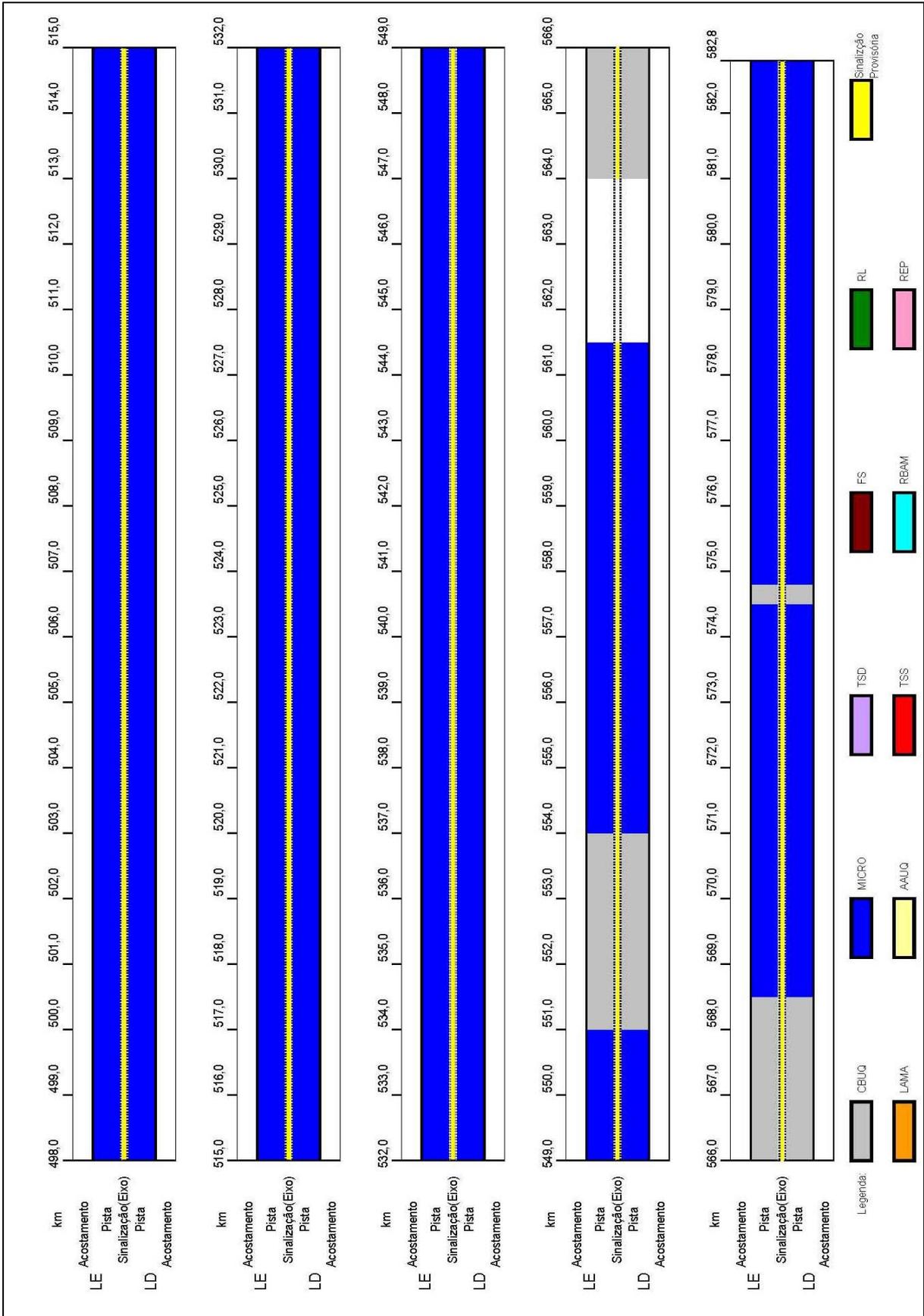
A solução proposta em projeto para o trecho de número 10 era uma fresagem de 5 cm em toda a extensão do segmento. Ao realizar-se uma avaliação mais apurada, ficaram aparentes problemas estruturais no segmento; a solução adotada foi, ainda funcional, realizar uma reciclagem de base. No quadro 11, na coluna da solução executada, além da reciclagem de base foi previsto uma fresagem de 100% da área, tal informação não apresenta muito sentido, pois se reciclamos a base, não temos mais o revestimento asfáltico para fresar.

As soluções executadas são apresentadas de forma gráfica no diagrama unifilar do trecho, quadro 12¹³. Nota-se que este diagrama só apresenta a camada final de revestimento.

¹³ Este diagrama unifilar foi uma informação retirada do Relatório Final *As Built*, realizado pela empresa fiscalizadora.



continuação



Quadro 13: diagrama unifilar das soluções

7 CONCLUSÕES

Para analisar a eficiência das restaurações efetivadas no trecho, tem-se uma análise mensal da via, que perdurou durante os dois anos de contrato da empresa construtora. Nesta análise, o trecho é percorrido por algum membro da equipe de supervisão da obra. Deve-se percorrer o trecho, anotando, de quilômetro em quilômetro, a existência de danos – como buracos, afundamentos, trincas, trilhas de roda, entre outros – na superfície do pavimento. Neste processo, deve-se preencher a planilha constante no anexo D: indicadores de defeitos.

Este procedimento auxilia no controle do trecho, ao passo que apresenta pontualmente onde estão localizados os tipos de defeitos específicos. Além deste papel de controle, esta análise ajuda a compor a medição mensal da empreiteira responsável pra restauração do trecho, visto que a partir dos pesos de cada um dos indicadores da tabela, a empreiteira só recebe o valor proporcional ao percentual do trecho que está perfeitamente restaurado. Estes indicadores compõem um percentual de desempenho do trecho no período entre duas avaliações consecutivas, ou seja, um mês.

Como se pode verificar no quadro 1, o percentual de desempenho (PD), que indica o quanto da restauração está realizada e proporcionando uma boa trafegabilidade ao usuário, nunca fica abaixo dos 94%. Este valor indica que o pavimento, de uma maneira geral, foi bem restaurado e as soluções utilizadas foram adequadas para os tipos de defeitos que os trechos apresentavam.

O quadro 13 apresenta pesos diferenciados para cada um dos tipos de defeitos que podem existir no pavimento, estes pesos foram atribuídos conforme a gravidade de cada uma das imperfeições e o quanto a sua existência coloca em risco os usuários da via. É importante salientar que a restauração de todos os segmentos homogêneos foi finalizada em novembro de 2010, mas durante todo o período de concessão do trecho para a empresa construtora, esta deveria mantê-lo em plenas condições de trafegabilidade. Para tal condição, operações de restauração pontuais nos trechos que ainda não tinham sua restauração funcional, designada no projeto, executadas eram imprescindíveis.

	Panelas	Afundam.	Trincas	Trilhas	PD
	Peso 15	Peso 10	Peso 10	Peso 10	Peso 45
set/09	95%	100%	100%	100%	98,47%
out/09	99%	100%	100%	100%	99,61%
nov/09	99%	100%	100%	100%	99,80%
dez/09	93%	100%	100%	100%	97,64%
jan/10	98%	100%	100%	100%	99,21%
fev/10	96%	100%	100%	100%	98,62%
mar/10	100%	100%	100%	100%	100,00%
abr/10	100%	99%	100%	100%	99,87%
mai/10	97%	100%	98%	96%	97,71%
jun/10	89%	99%	99%	100%	95,87%
jul/10	96%	100%	99%	100%	98,49%
ago/10	98%	100%	100%	100%	99,41%
set/10	98%	99%	96%	100%	98,49%
out/10	95%	100%	93%	100%	96,66%
nov/10	94%	95%	95%	100%	95,81%
dez/10	100%	97%	99%	100%	99,21%
jan/11	100%	100%	100%	100%	100,00%
fev/11	100%	85%	91%	100%	94,52%
				Média	98,30%

Quadro 13: indicadores de desempenho da restauração do pavimento
(trabalho não publicado)¹⁴

Os percentuais ilustrados no quadro 13 representam o quanto o trecho atende para cada tipo de defeito. As intervenções na extensão do trecho eram realizadas durante todo o decorrer do contrato, tentando manter a pista em boas condições de trafegabilidade.

Para complemento, segue a figura 7 que representa de forma gráfica as informações contidas no quadro 13. Nas barras verticais, constam os percentuais atendidos na restauração da rodovia para cada tipo de defeitos. Uma linha de tendência explicita os resultados dos percentuais médios de atendimento a cada mês da rodovia. Nota-se que as panelas são os defeitos mais difíceis de controlar, apresentando, quase na totalidade das vezes, os piores índices de desempenho.

Outro ponto importante a ser ressaltado é a aparente degradação do pavimento na última medição realizada. Nela, têm-se valores de desempenho dos afundamentos e das trincas muito baixos, muito aquém do esperado. Isto se dá pelo fato das soluções serem baseadas em AVS e avaliações funcionais da superfície, que não levam em conta o aspecto estrutural do pavimento. Essas condições estruturais não foram corrigidas, o que gerou um agravamento da condição do pavimento durante o período de contrato de manutenção e reabilitação (contrato este que tem duração de dois anos). As soluções adotadas não foram suficientes para minimizar os problemas estruturais, alguns destes problemas até comprometeram o período de vida útil das soluções funcionais executadas.

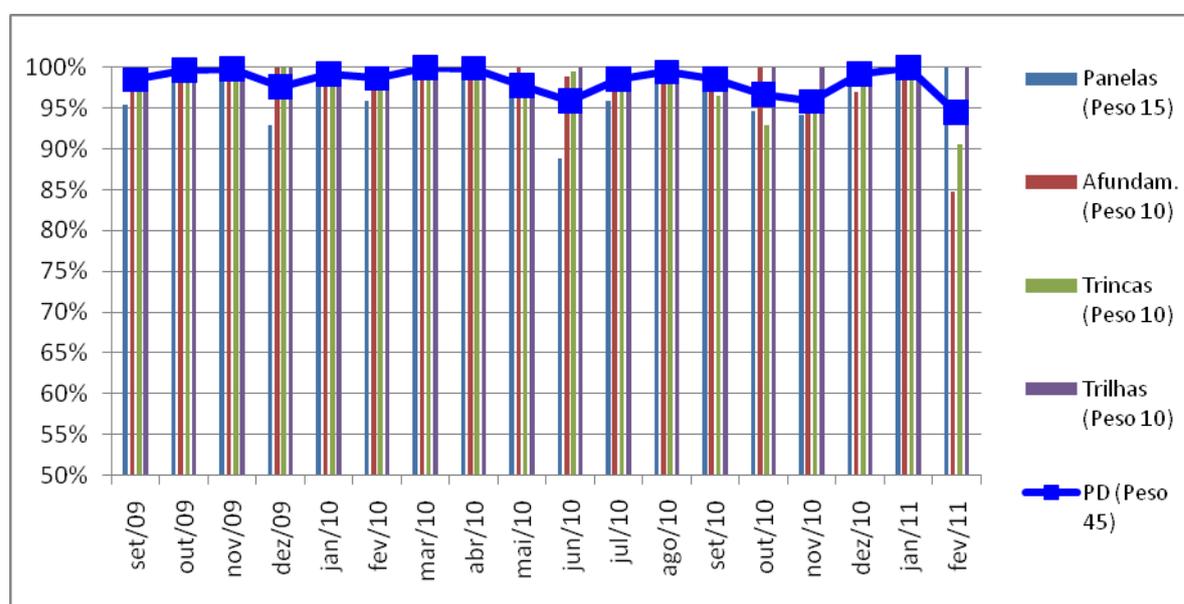


Figura 7: indicadores de desempenho da restauração do pavimento (trabalho não publicado)¹⁵

Diante da análise das soluções empregadas para a restauração do pavimento da BR-290 e de acordo com levantamento realizados mensalmente sobre a superfície da pista de rolamento desta rodovia, podemos concluir que as restaurações foram, em sua maioria, compatíveis com esperado, apesar de apresentar baixos indicadores de desempenho durante alguns períodos de tempo, mas alguns problemas que não tinham caráter funcional e não foram tratados como tal, prejudicaram o tempo de vida útil das soluções funcionais executadas.

¹⁴ Informação retirada do Relatório Final *As Built*, realizado pela empresa fiscalizadora.

¹⁵ Informação retirada do Relatório Final *As Built*, realizado pela empresa fiscalizadora.

De uma maneira geral, é imprescindível alertar que a manutenção das vias é de vital importância para que se tenha um pavimento em boas condições de trafegabilidade e que proporcione segurança aos usuários da via. Tal fato não ocorreu em toda a extensão analisada, em função da existência de problemas estruturais que tornavam de baixa eficácia as soluções funcionais executadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.948**: microrrevestimento asfáltico a frio. Rio de Janeiro, 2003.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, ADEBA, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 314/97**: pavimentação – lama asfáltica – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997a.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 308/97**: pavimentação – tratamento superficial simples – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997b.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 309/97**: pavimentação – tratamento superficial duplo – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997c.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 386/99**: pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1999.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 005/2003-TER**: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – terminologia. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 006/2003-PRO**: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 008/2003-PRO**: levantamento visual contínuo para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 009/2003-PRO**: avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003d.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 035/2005-ES**: pavimentos flexíveis – microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2005.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **IPR-720**: manual de restauração de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006a.

_____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 031/2006-ES**: pavimentos flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006b.

PEREIRA, D. **Avaliação Funcional de Pavimentos**. Santa Maria: UFSM, [2010?]. Material didático da disciplina de Infraestrutura de Transportes da Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:
<http://www.ufsm.br/engcivil/Material_Didatico/TRP1001_Infraestrutura_de_transp/notas_de_aula/Aval_Func_de_Pavimentos.pdf> Acesso em: 10 out. 2010.

**ANEXO A – Formulário de inventário do estado da superfície do
pavimento (BRASIL, 2003b, p. 7)**

ANEXO B: Planilha de cálculo do IGG (BRASIL, 2003b, p. 8)

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:		Folha:	
TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:						Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro	
SUB-TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:						Índice de gravidade individual		Observações	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação						
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2						
2	(FC - 2) J, TB				0,5						
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8						
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9						
5	O, P, E				1,0						
6	EX				0,5						
7	D				0,3						
8	R				0,6						
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()						
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()						
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG						Conceito		
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$				2A) IGI = \bar{FV} quando $\bar{FV} \leq 50$				Operador			
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$				2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$				Cálculo			
								Visto			

ANEXO C: Formulário para Levantamento Visual Contínuo (LVC)
(BRASIL, 2003c, p. 8)

ANEXO D: Indicadores de defeitos

