



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E SAÚDE - CAMPUS VIII
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ROMEL MONTEIRO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA
CIDADE DE SÃO BENTO – PARAÍBA**

**ARARUNA - PARAÍBA
2017**

ROMEL MONTEIRO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA
CIDADE DE SÃO BENTO – PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Alan Barbosa
Cavalcanti.

**ARARUNA - PARAÍBA
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M772a Monteiro, Romel

Avaliação objetiva da superfície do pavimento flexível na cidade de São Bento – Paraíba [manuscrito] / Romel Monteiro. - 2017.

63 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Me. Alan Barbosa Cavalcanti, Departamento de Engenharia Civil".

1. Pavimentação. 2. Rodovias. 3. Tráfego rodoviário. I. Título.

21. ed. CDD 625.8

ROMEL MONTEIRO

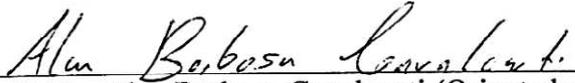
AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA CIDADE
DE SÃO BENTO – PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

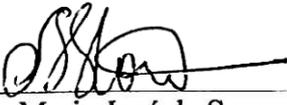
Orientador: Prof. Me. Alan Barbosa
Cavalcanti.

Aprovado em: 17/04/2017.

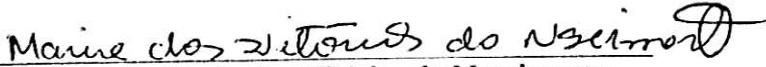
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Ma. Maria José de Sousa Cordão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Ma. Maria das Vitórias do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho para todos aqueles que fizeram parte da minha vida nos últimos cinco anos e em especial a minha mãe, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, O grande engenheiro do universo, pois tudo é Dele e para Ele.

A minha mãe Geralda (Neném), cujo o amor nunca falhou, ela que passou toda sua vida a construir degraus para que meus jovens pés a seguissem me elevando. A minha irmã Patrícia que sempre fez o máximo que pode. Meu avô Valdecir e minha avó Dalila que desde pequeno me acolhem e me esperam ansiosos em casa. Meus tios Benedito e Edílva que foram e são partes fundamentais da pessoa que sou hoje. A toda minha enorme família, a fundação da minha vida.

Aos meus queridos e amados amigos, a eles que permanecem firmes ao meu lado, batalha após batalha, aqueles que me entregam um coração verdadeiro, aqueles que me oferecem abrigo e se alegram a cada reencontro.

A aqueles que conviveram comigo todos esses anos no Campus VIII da UEPB: a meus colegas de turma, amigos, vizinhos e “o pessoal lá de casa” (Josicláudia, Jardelly, Lucas, Vynycius e Eduardo), foram momentos inesquecíveis.

A Andréia, Andresa, Agnaldo que fizeram parte do meu grupo “MakeLove+”, vocês foram minhas mãos e pés. A minha dupla Manoel Leandro que foi meu parceiro “nos dias mais claros e nas noites mais escuras”, que me ajudou a compreender um pouco mais do que a vida é.

A todos os funcionários dessa instituição que me abraçaram durante todo o período de graduação, em especial a todos os meus professores que me fizeram amadurecer como profissional e como indivíduo.

Aos professores Alan Barbosa, meu orientador nesse trabalho, e Maria das Vitórias, orientadora do meu PIBIC, que souberam me conduzir nesse caminho, dando-me suporte para seguir firme trabalhando em cima dele, que reacenderam minha paixão por essa área.

A todos aqueles por quem passei durante minha vida, que de alguma maneira foram importantes, me ajudando ou não, obrigado, vocês são incríveis.

“Só o amor constrói pontes indestrutíveis”.
Charlie Brown Jr.

RESUMO

No Brasil, o transporte rodoviário é considerado o principal modal, que de acordo com CNT (Confederação Nacional de Transporte) representa cerca de 61%, porém para sua extensão o país ainda possui poucas vias, muitas das quais encontram-se em estado de completo descaso. Além disso, o crescimento da malha rodoviária não acompanhou o crescimento do volume de tráfego, que por sua vez é constituído por veículos cada vez mais pesados e que podem comprometer o tempo de vida útil do pavimento. Desta forma, é necessária a avaliação do pavimento com o objetivo de encontrar soluções de restauração cada vez mais adequadas e que por sua vez aumentem o nível de serventia dos pavimentos. O presente trabalho tem por objetivo realizar a avaliação objetiva da superfície do pavimento flexível de parte da PB-293 dentro dos limites territoriais da cidade de São Bento – PB, esta constitui a principal via de circulação dentro da cidade que por sua vez encontra-se com inúmeros defeitos. O estudo procurou levantar informações necessárias para garantir a segurança e a trafegabilidade da via para todos os usuários e em particular para o comércio de produção e exportação de produtos têxteis que é marca registrada da cidade. Para isso foi realizado uma análise da via seguindo o procedimento DNIT 006/2003 – PRO que dispõe das diretrizes necessárias para calcular o IGG (Índice de Gravidade Global), parâmetro que oferece um diagnóstico sobre a situação da via e que ser utilizado como ponto de partida para a tomada de decisões de restauração do pavimento. A via foi dividida em três segmentos homogêneos os quais atingiram valores de IGG de 53,57 (regular), 36,05 (bom) e 88,53 (ruim). As soluções ofertadas variaram desde a aplicação de microrrevestimento a recapeamento com correções prévias.

Palavras-Chave: Pavimentação. Defeitos. Avaliação. Serventia. IGG.

ABSTRACT

In Brazil, road transport is considered the main modal, where according to CNT represented about 61%, but for its extension the country still has few roads, of which a great part is in a state of complete neglect. Besides that, the road network grew disproportionately in relation to the volume of traffic, which in turn consists of vehicles that are heavier and can compromise the service life of the pavement. In this way, it is necessary to evaluate the pavement with the objective of finding more adequate restoration solutions and thus increase the level of use of the pavements. This study aimed to promote an objective evaluation of the surface of the flexible pavement of the PB-293 in the territorial limits of São Bento - PB, this is the main traffic lane in the city which is with many defects. The study sought information necessary to ensure the safety and trafficability of the road for all users and in particular the production and export trade of textile products, that is the registered mark of the city. For this, a route analysis was performed following procedure DNIT 006/2003 - PRO that has the necessary guidelines to calculate the IGG, this parameter offers an opinion on the road situation and can be taken as a starting point for the restoration decision of the pavement. The route was divided into three homogeneous segments, IGG values of 53.57 (regular), 36.05 (good) and 88.53 (bad) were established. The solutions offered varied from the application of micro coating to recapping with previous corrections.

Keywords: Paving. Defects. Evaluation. Serve. IGG.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Corte esquemático de um pavimento rígido.	16
Figura 2 - Corte esquemático de um pavimento flexível.....	17
Figura 3 - Trincas interligadas.....	21
Figura 4 - Trincas transversal curta.	22
Figura 5 - Trinca interligada – tipo bloco.....	23
Figura 6 - Trinca interligada – tipo jacaré.	23
Figura 7 - Afundamento de trilha de roda.	23
Figura 8 - Ondulação.	24
Figura 9 -Escorregamento.	24
Figura 10 - Exsudação.	25
Figura 11 - Desgaste.	25
Figura 12 – Remendo.	26
Figura 13 - Panela ou buraco.....	26
Figura 14 - Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos em uma via simples.	27
Figura 15 - Variação da serventia atual com o tempo e tráfego.....	31
Figura 16 – Modificação do valor de serventia atual após um processo de revitalização.....	31
Figura 17 - Quadro de soluções a partir do ICPF.....	32
Figura 18 - Fluxograma de atividades.	35
Figura 19 - Mapa de parte da cidade de São Bento -PB com enfoque na rua Pedro Eulâmpio da Silva.	37
Figura 20 - Localização geográfica de São Bento, Paraíba.	38
Figura 21 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 1.....	40
Figura 22 - Revestimento sob lombada totalmente destruído.	41
Figura 23 - Remendo formando sarjeta.	42
Figura 24 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 2.....	44
Figura 25 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 3.....	46
Figura 26 - Estação apresentando inúmeros remendos.	46
Figura 27 - Ponto frágil do pavimento.....	47
Figura 28 - Separação entre pavimento e a superestrutura da ponte.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de ponderação para cada defeito.	28
Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.	29
Tabela 3 - Conceitos de trafegabilidade de acordo com VSA.....	30
Tabela 4 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 1.	39
Tabela 5 - IGI dos defeitos do segmento 1.....	40
Tabela 6 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 2.	42
Tabela 7 – IGI dos defeitos do segmento 2.	43
Tabela 8 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 3.	44
Tabela 9 – IGI dos defeitos do segmento 3.	45
Tabela 10 – Resumo dos três trechos.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional de Transporte
DER-PB	Departamento de Estradas e Rodagem da Paraíba
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
ISC	Índice de Suporte Califórnia
PIB	Produto Interno Bruto
PMF	Pré-Misturados a Frio
PMQ	Pré-misturado a quente
SMA	Stone Matrix Asphalt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. Tipos de pavimentos	15
3.1.1. Pavimento rígidos.....	15
3.1.2. Pavimento semi-rígido	17
3.1.3. Pavimentos asfálticos	17
3.2. Defeitos no pavimento asfáltico.....	21
3.3. Índice de gravidade global	26
3.4. Serventia.....	30
3.5. Segmentos homogêneos.....	33
3.6. Técnicas de Restauração de Pavimentos	33
3.6.1. Correção de pontos localizados.....	33
3.6.2. Microrrevestimento	33
3.6.3. Recapeamento com geogrelha.....	34
4. METODOLOGIA.....	35
5. ESTUDO DE CASO.....	37
5.1. A via	37
5.2. A cidade.....	38
6. RESULTADOS E DISCURSÕES	39
6.1. Segmento Homogêneo 1	39
6.2. Segmento Homogêneo 2	42
6.3. Segmento Homogêneo 3	44
6.4. Resumo dos resultados.....	48
7. CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICE A – FICHA DO LEVANTAMENTO.....	53
APÊNDICE B – FICHAS DOS CALCULOS DOS ÍNDICES.....	61

1. INTRODUÇÃO

A história da pavimentação no Brasil inicia-se em meados de 1560, porém de acordo com Concer (1997), só mais tarde em 1860 ela começa a ter mais força, com a inauguração da estrada União Indústria, sendo essa a primeira a apresentar um modelo realmente muito próximo do que é utilizado hoje. Mesmo com tanto tempo transcorrido, atualmente o país possui uma baixa densidade da malha rodoviária pavimentada, que de acordo com o relatório de pesquisa da CNT (Confederação Nacional de Transporte) são aproximadamente 25 km de rodovias pavimentadas para cada 1.000 km² de área, o que corresponde a apenas 12,3% da extensão rodoviária nacional. Outro dado preocupante, ainda de acordo com a CNT, se comparados os anos de 2005 e 2015 a malha rodoviária pavimentada cresceu apenas cerca de 2,3% uma vez que o tráfego, nesse mesmo período de tempo, apresentou um aumento de 115,5%.

O Brasil é um país com forte produção agrícola, entre outros produtos, e que tem como seu principal meio de transporte de mercadoria o modal rodoviário, de acordo com o Boletim Estatístico de fevereiro de 2016 da CNT representa cerca de 61,1% quando comparado com os demais modais. A partir de pesquisas da mesma confederação publicada no mesmo ano, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias aos usuários tanto em relação ao desempenho, segurança e economia. Em 2015 os acidentes rodoviários em rodovias federais policiadas geraram um prejuízo econômico de R\$ 11,15 bilhões e resultou na morte de 6.837 indivíduos. Isso ocorre em grande parte devido a imprudência dos condutores, as falhas mecânicas e por deficiência nas vias, essa última pode advir de possíveis erros na fase de projeto, aumento de tráfego inesperado, má execução ou a inexistência de vistorias e recuperação dos pavimentos. Uma alternativa para mudar esse quadro seria priorizar a manutenção e restauração das rodovias.

De acordo com o DER-PB (Departamento de Estradas e Rodagem da Paraíba), órgão responsável pela execução e fiscalização da malha rodoviária no estado da Paraíba, existem cerca de 3.200 km de estradas asfaltadas, a maioria delas se encontra em bom estado de conservação. São Bento uma cidade em ascensão no estado, onde de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2014 detinha o 20º maior PIB (Produto Interno Bruto) da Paraíba, possuindo um mercado já consolidado na produção e exportação de redes de dormir, se faz necessário tomar certo cuidado a fim de garantir o bom funcionamento

de todos os segmentos envolvidos nesse comércio, sendo o setor de transportes um deles. O principal modal de transporte da região é o rodoviário, assim deve-se tomar medidas preventivas afim de garantir que o mesmo seja mantido em bom estado de utilização.

São vários os métodos de análises a fim de produzir um bom laudo técnico acerca do estado das vias. Neste trabalho foi utilizado para avaliação de um trecho de parte do pavimento flexível da PB-293, a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos regulamentado pela norma DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) 006/2003 – PRO, que dispõe das diretrizes necessárias para calcular o IGG, parâmetro que oferece um parecer sobre a situação da via. A partir deste parâmetro foi possível avaliar e indicar possíveis soluções de restauração para o pavimento analisado.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho teve como finalidade avaliar parte do pavimento flexível da PB-293 que está dentro dos limites territoriais da cidade de São Bento na Paraíba.

Objetivos específicos

- Aplicar as recomendações das as normas DNIT 005/2003 - TER e DNIT 006/2003 – PRO.
- Conceituar o nível de degradação do pavimento utilizando o Índice de Gravidade Global - IGG.
- Apresentar possíveis soluções de restauração do pavimento para cada segmento homogêneo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Para que uma rodovia apresente um nível de funcionamento ideal, torna-se fundamental que todos os seus elementos (pavimento, terrapleno, proteção do corpo estradal, obras de arte correntes, obras de arte especiais, sinalização, obras complementares, etc.) desempenhem suas funções de forma satisfatória e se comportem de forma solidária e harmoniosa (DNIT, 2006).

Um dos principais componentes de uma rodovia é o pavimento, que é uma superestrutura constituída por diversas camadas de espessuras finitas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito e destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário (DER/SP, 2006).

3.1. Tipos de pavimentos

O pavimento rodoviário classifica-se em três tipos: rígidos (concreto de cimento Portland ou simplesmente concreto-cimento), semi-rígido (camada solo cimento revestido de camada asfáltica) e flexíveis (pavimentos asfálticos).

3.1.1. Pavimento rígidos

Nos pavimentos rígidos (ou concreto-cimento), a camada de rolamento é composta por placas de cimento Portland, podendo ser armadas ou não com barras de aço. A espessura da camada é fixada em função da resistência à flexão e da resistência das camadas subjacentes (BERNUCCI et. al, 2010). Na Figura 1 tem-se a representação em corte transversal da sessão de um pavimento rígido.

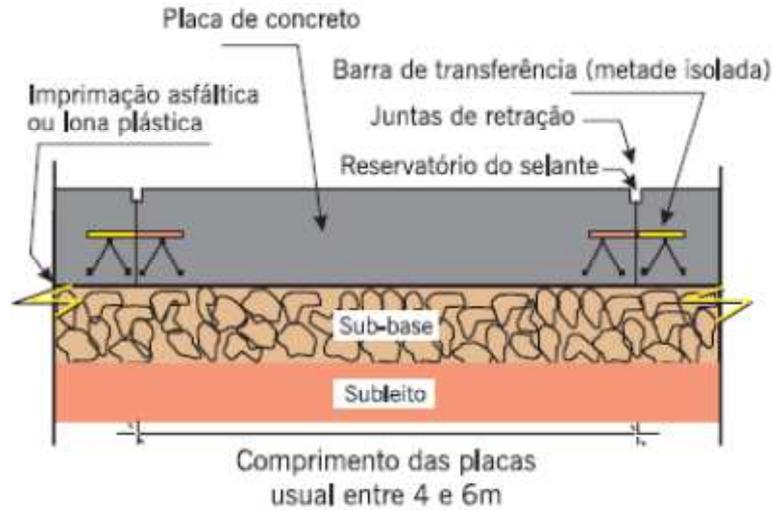


Figura 1 - Corte esquemático de um pavimento rígido.

Fonte: BERNUCCI et al (2010).

A baixo são listados os principais tipos de pavimento rígidos:

- Concreto Simples
- Concreto Simples com Barras de Transferência
- Concreto com Armadura Distribuída Descontínua sem Função Estrutural
- Concreto com Armadura Contínua sem Função Estrutural
- Concreto Estruturalmente Armado
- Concreto Protendido

A estrutura mais simples dos pavimentos desse tipo consiste numa camada superficial de cimento Portland, apoiada sobre uma camada (sub-base) de material granular ou de material estabilizado com cimento, sobre o subleito. Se for necessário pode-se recorrer a executar um reforço do subleito.

3.1.2. Pavimento semi-rígido

Diversos autores têm empregado a terminologia de pavimentos semi-rígidos aqueles que “caracterizam-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica” (DNIT, Manual de pavimentação, 2006, pg. 95) que proporcionam uma maior coesão e rigidez, podendo resistir a esforços de tração.

3.1.3. Pavimentos asfálticos

A estrutura dos pavimentos asfálticos é dividida em várias camadas, o revestimento, a base, a sub-base e o reforço do subleito (se necessário) e se caracteriza por seu revestimento ser constituído basicamente de agregados e ligantes asfálticos. “O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento” (BERNUCCI et al., 2010, p. 487). Na Figura 2 tem-se a representação em corte transversal da sessão de um pavimento flexível.

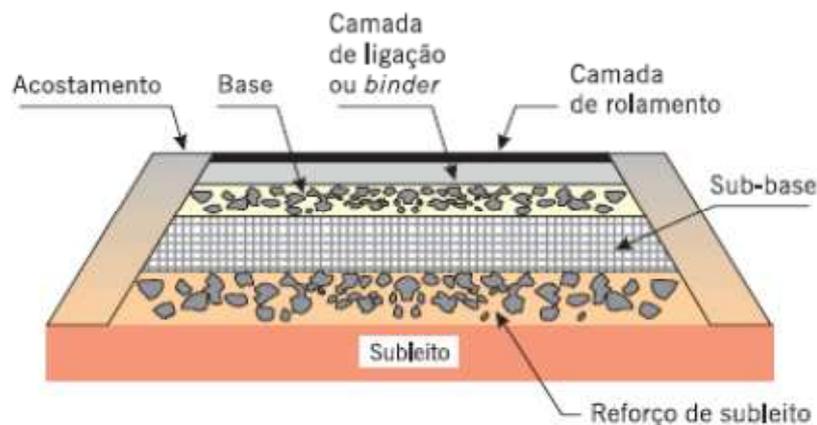


Figura 2 - Corte esquemático de um pavimento flexível.

Fonte: BERNUCCI et al (2010).

Camadas do pavimento

Um estudo apropriado do subleito e da forma como as camadas são dispostas, da espessura de cada uma e dos materiais que as compõem são de extrema importância para o funcionamento do pavimento, uma vez que esses fatores determinam a rigidez do conjunto.

Esse tipo de pavimento é composto por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito (se necessário), constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos.

a) Subleito

De acordo com Bernucci et, al (2010), o subleito é o terreno natural após os processos de terraplanagem, em termos teóricos é considerada uma camada com espessura infinita, porém os estudos para sua utilização devem compreender profundidades de 60 cm a 1,50 m de profundidade, sendo essa a faixa em que as cargas atuaram significativamente, é sobre ela que serão dispostas as demais camadas. Se o ISC (Índice de Suporte Califórnia) do sub-leito for menor que 2%, ele deve ser substituído por um material melhor.

b) Reforço do subleito (se necessário)

Quando se faz mais necessário é realizado uma camada acima do subleito, um reforço, onde em geral é formado de um solo argiloso a fim de suprir uma insuficiência resistiva apresentada inicialmente pelo terreno (BERNUCCI et, al. 2010).

c) Sub-base

A cima do subleito (ou reforço, se o mesmo for necessário) é feita a camada de sub-base, camada complementar à base, o material empregado deve ter boa capacidade de suporte, e a mesma busca garantir um isolamento não permitindo o bombeamento do solo do subleito para a camada de base (BERNUCCI et, al. 2010). O material empregado pode ser de jazida ou da própria região uma vez que o mesmo possua ISC superior a 20% e expansão máxima de 1%.

d) Base

Encontra-se logo abaixo do revestimento, fornece suporte estrutural, a mesma deve possuir rigidez suficiente para atenuar as tensões no revestimento e distribuí-las às camadas inferiores. Essa camada pode ser executada com material coesivo ou granular.

e) Revestimento

O revestimento é a camada mais externa, sendo essa a mais degradada por fatores climáticos, deve-se garantir a maior impermeabilização da mesma. Ela também é responsável por receber os esforços gerados através do contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos. A maioria das rodovias brasileiras são executadas com revestimentos compostos de ligantes asfálticos com uma mistura de agregados minerais e esse conjunto deve garantir “impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previstos para o local” (BERNUCCI et, al., 2010, p. 157).

O revestimento pode ser executado por penetração ou mistura, a primeira situação é realizada por camadas sobrepostas intercaladas, uma camada de material asfáltico e uma de agregados e sempre as compactando, quando realizada por mistura o material é pré-envolvido, por processos a frio ou a quente com material asfáltico antes da compactação.

Tipos de revestimento

I. Concreto asfáltico (CBUQ)

O concreto betuminoso usinado a quente é o tipo de revestimento flexível mais empregado no Brasil, ele é resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de uma variedade de agregados minerais com granulometria contínua e bem-graduada, material de enchimento (filler) e material asfáltico espalhado e comprimido a quente a uma temperatura previamente escolhida em função da característica viscosidade-temperatura do ligante (BERNUCCI et, al., 2010).

II. Pré-misturado a Quente (PMQ)

De acordo com o professor Geraldo Luciano da UFJF o PMQ “consiste na mistura, devidamente dosada, de material betuminoso e agregado mineral em usina e na compressão do produto final, à quente, por equipamento apropriado”.

III. Argamassa Asfáltica (areia asfalto)

São as misturas asfálticas constituídas de agregado miúdo, material betuminoso (CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo), podendo ou não ter o filler.

IV. Camada Porosa de Atrito (CPA)

É um tipo de mistura a quente que possui capacidade drenante uma vez que ela possui uma graduação aberta, ou seja, sua curva granulométrica é uniforme com agregados quase que com as mesmas dimensões, criando assim um esqueleto mineral com alto índice de vazio, cerca de 18 a 25% devido à falta de fino. Esse tipo de revestimento não suporta altas cargas, porém concede a via:

- Redução dos riscos de aquaplanagem;
- Redução das distâncias de frenagem sob chuva;
- Aumento de distância de visibilidade;
- E diminuição da cortina de água (spray);
- Menor reflexão luminosa;
- Maior percepção de sinalização vertical durante a noite;

V. Stone Matrix Asphalt (SMA)

É um revestimento caracterizado por elevada porcentagem de agregados de maior dimensões com relação as de dimensões intermediárias e com uma pequena quantidade de finos gerando uma curva granulométrica descontínua, onde a mesma confere resistência a deformação permanente. (BERNUTTI)

VI. Pré-Misturados à Frio (PMF)

O Pré-Misturados à Frio (PMF) é constituído de ligantes liquefeito (geralmente emulsão asfáltica catiônica) à temperatura ambiente para envolver os agregados graúdos, miúdos e de enchimento. Utilizado para situações particulares, muitas vezes quando os processos a quente não são possíveis. “O PMF pode ser usado como revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego, ou ainda como camada intermediária (com CA superposto) e em operações de conservação e manutenção” (BERNUCCI et, al., 2010, p. 183).

3.2. Defeitos no pavimento asfáltico

Transcorrido certo tempo após a implantação de uma rodovia o pavimento pode apresentar defeitos, danos na superfície do pavimento, decorrentes possivelmente de erros de projeto, de inadequada escolha de materiais ou de falhas executivas.

De acordo com a NORMA DNIT 005/2003 - TER o pavimento asfáltico pode apresentar diversos defeitos, as fendas, afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste e as panelas ou buracos.

Para Bernucci et al. (2010), as fendas são descontinuidades na superfície do pavimento e se classificam em fissuras e trincas. As fissuras são fendas de largura capilar vistas a menos de 1,5 metros do pavimento sem a utilização de qualquer instrumento e que não apresentam grandes riscos estruturais para a via, ao contrário das trincas que podem ser facilmente vistas e possuem dimensões maiores. Ambas podem se apresentar sob diversas orientações de sentido com base no eixo da via. As trincas podem ser de forma isolada ou interligadas e serem subdivididas dependendo da tipologia ou da gravidade.



Figura 3 - Trincas interligadas.

Fonte: Produzido pelo autor

A gravidade das fendas se referem a dimensão de abertura e podem ser classe 1 (fendas com abertura inferiores a 1mm), classe 2 (fendas com abertura superior a 1mm), e classe 3 (fendas com abertura superior a 1mm e desagregação ou erosão junto às bordas).

Bernucci et al. (2010) também diz que quando se fala em tipologia, sendo ela a caracterização a partir de como o traçado da trinca se desenvolve sob o plano da via, as trincas podem ser de vários tipos, as trincas transversais curtas (TTC) quando a trinca se desenvolve ortogonalmente ao eixo de rolamento da via e a mesma possui extensão igual ou inferior a 100 centímetros, superior a isso ela passa a ser denominada como trinca transversais longas (TTL). Quando a descontinuidade ocorre no sentido paralelo ao eixo de rolamento da via ela se caracteriza como trinca longitudinais curtas (TLC) para extinções até 100 centímetros e trinca longitudinais longas (TLL) para acima disso. Levando em consideração não mais o efeito de fadiga como causador da trinca, tem-se as trincas de retração (TRR).



Figura 4 - Trincas transversal curta.

Fonte: Produzido pelo autor

Quando ocorre a interligação entre as trincas os defeitos se subdividem em trinca tipo “Couro de Jacaré” (J) que é aquele conjunto de trincas que se interligam sem um padrão direcional definido, esse efeito também pode ser acompanhado de erosão nas bordas (JE). Quando as trincas se interligam seguindo um padrão geométrico direcional bem definido elas são chamadas de trincas de bloco (TB) e podendo haver erosão nas bordas (TBE).



Figura 5 - Trinca interligada – tipo bloco.

Fonte: Produzido pelo autor



Figura 6 - Trinca interligada – tipo jacaré.

Fonte: Produzido pelo autor

Para Bernucci et al. (2010), o afundamento é uma deformação permanente caracterizada por um rebaixamento da superfície do pavimento, podendo acontecer através de afundamento plástico ou de consolidação. O primeiro caso é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento, para afundamentos de até 6 metros de extensão é enquadrado como afundamento local plástico (ALP) e afundamento plástico da trilha de roda (ATP) para maiores extensões. No caso de consolidação, o afundamento é causado pela densificação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento, e assim como no plástico, pode ser local (ALC afundamento local de consolidação) e na trilha de roda (ATC – afundamento de consolidação da trilha de roda).



Figura 7 - Afundamento de trilha de roda.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER.

Para a Norma DNIT 005/2003 - TER o fenômeno de ondulação e corrugação (O), são deformações transversais com relação ao eixo da camada de rolamento. Os dois fenômenos são caracterizados pelo surgimento de depressões intercaladas de elevações, diferenciando um do outro pelo comprimento de onda entre duas cristas, onde no caso das corrugações é na ordem de centímetros e nas ondulações é de metros e as mesmas ocorrem em geral decorrentes da densificação diferencial do subleito.



Figura 8 - Ondulação.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER.

O escorregamento (E) se trata do deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua e é decorrente de fluência do revestimento asfáltico (DNIT 005/2003– TER).



Figura 9 -Escorregamento.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER.

Quando se tem um excesso de material betuminoso ele tende a migrar para a superfície do pavimento ocasionando o fenômeno de exsudação (EX) que se caracteriza pelo surgimento de manchas escuras (DNIT 005/2003– TER).



Figura 10 - Exsudação.

Fonte: Moura, 2004.

Muitas vezes, devido aos esforços tangenciais causados pelo tráfego, o pavimento sofre o efeito de desgaste ou desagregação (D), onde esse ocorre quando há o desprendimento progressivo do agregado deixando o pavimento áspero (DNIT 005/2003– TER).



Figura 11 - Desgaste.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER.

O defeito mais extremo chega a ser a panela (P), orifícios, depressões ou comumente chamado, o buraco, ela se trata de uma cavidade que se forma no revestimento podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas. Na tentativa de promover uma conservação da superfície do pavimento, muitas vezes preenche-se as panelas, com material asfáltico, dando lugar para outro defeito, o remendo (R) (BERNUCCI et, al., 2010).



Figura 12 – Remendo.

Fonte: Produzido pelo autor



Figura 13 - Panela ou buraco.

Fonte: Produzido pelo autor

Outro problema nas rodovias são as altas deformações permanentes, ou seja, as flechas no pavimento, sendo essa medida, em milímetros, do sulco formado nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), correspondente ao ponto de máxima depressão, medida sob o centro de uma régua de 1,20 m.

3.3. Índice de gravidade global

O IGG (Índice de gravidade global) é um indicador de qualidade da superfície do pavimento, normatizado pela DNIT 006/2003 – PRO tem por objetivo qualificar o pavimento estudado através de uma análise visual de seus defeitos juntamente com a medição dos afundamentos desenvolvidos nos trilhos de roda. Ele atribui indicadores numéricos para cada defeito levando em consideração sua importância para o mau funcionamento da via assim classificando-a. Em pista simples é feita a demarcação de estações a cada 20 metros alternando os lados da via, em cada uma delas é feita a análise dos defeitos do pavimento levando em

consideração uma faixa de 3 metros antes e 3 metros após o ponto da estação estudada. A Figura 15 mostra esquematicamente como ficam as estações demarcadas.

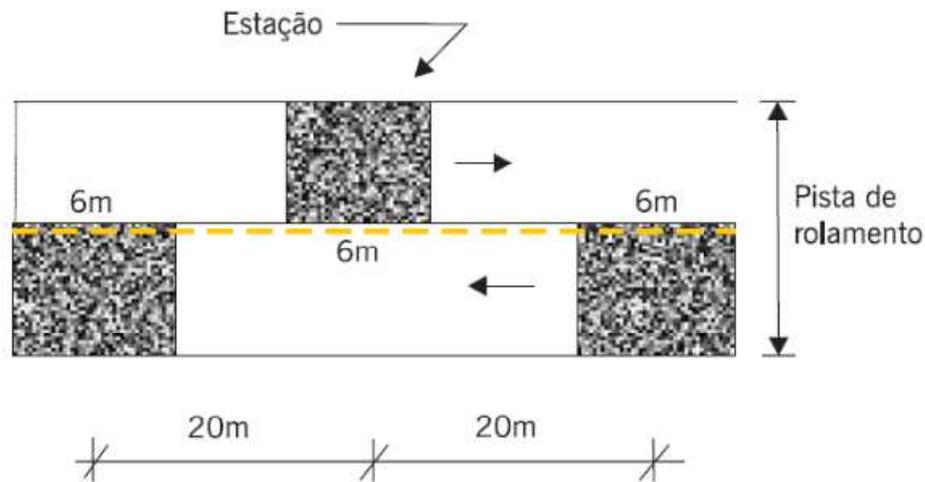


Figura 14 - Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos em uma via simples.

Fonte: BERNUCCI et al (2010).

Os defeitos são anotados em ficha apropriada e logo após averigua-se a frequência absoluta (f_a) e são realizados os cálculos de frequência relativa (f_r) e os parâmetros de média e variância das flechas dos trilhos de roda, para o cálculo dos IGI necessários para o IGG.

A frequência absoluta (f_a) de um defeito é a quantidade de estações que apresentaram este tipo de defeito, já a frequência relativa (f_r) é a porcentagem de certo defeito dentro do todo de um segmento analisado. É obtido através da equação:

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

Onde:

f_r - Frequência relativa;

f_a - Frequência absoluta;

n - Número de estações inventariadas.

O cálculo do IGI de cada tipo de defeito é feito a partir do produto da frequência relativa (f_r) com um fator de ponderação (f_p) determinado pela norma DNIT 006/2003 – PRO.

$$IGI = f_r \times f_p$$

Os fatores de ponderação são listados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Fator de ponderação para cada defeito.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Fator de ponderação (f_p)
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
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: Norma DNIT 006/2003 - PRO.

Para os trilhos de roda temos as seguintes equações:

$$\overline{TRE} = \frac{\sum TRE}{n} \quad (\text{Equação 2})$$

$$TRE_v = \frac{\sum (TRE - \overline{TRE})^2}{n - 1} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\overline{TRI} = \frac{\sum TRI}{n} \quad (\text{Equação 3})$$

$$TRI_v = \frac{\sum (TRI - \overline{TRI})^2}{n - 1} \quad (\text{Equação 6})$$

$$F = \frac{\overline{TRE} + \overline{TRI}}{2} \quad (\text{Equação 4})$$

$$FV = \frac{TRE_v + TRI_v}{2} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

TRE – Valores individuais de trilha de roda externa;

TRI – Valores individuais de trilha de roda interna;

\overline{TRE} – Média aritmética dos valores das flechas de TRE;

\overline{TRI} – Média aritmética dos valores das flechas de TRI;

n – Número de estações inventariadas;

F – Média das médias aritméticas dos valores de TER e TRI;

TRE_v – Variância dos valores das flechas de TRE;

TRI_v – Variância dos valores das flechas de TRI.

FV – Média das variâncias dos valores de TER e TRI;

Para o cálculo do IGG levar em consideração a contribuição das flechas ou afundamentos nas trilhas é necessário calcular IGI_F e o IGI_{FV} , levando em consideração duas hipóteses para cada um, a que atender se tornará os próprios valores.

Para IGI_F :

$$IGI_F = F \times \frac{4}{3} \text{ quando } F \leq 30, \text{ caso contrário } IGI_F = 40$$

Para $IGI_{FV} = FV \times 1,0$ quando $FV \leq 50$, caso contrário $IGI_{FV} = 50$

Por fim o índice de gravidade global é calculado pelo somatório dos valores individuais de todos os IGI dos oito tipos de defeitos e dos relacionados as flechas. A baixo é expressa as faixas que classificam a via quanto o IGG.

Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

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

Fonte: Norma DNIT 006/2003 - PRO.

3.4. Serventia

A serventia é uma avaliação funcional do pavimento diretamente ligada a conforto e segurança do condutor, sendo assim quem pode realmente informar o estado da serventia de um pavimento é o usuário, desse modo a serventia é quantificada através da média das notas dadas por um conjunto de pelo menos cinco profissionais devidamente treinado, varia em um escala de 0 a 5, onde de acordo com Pinto (2012, p, 31) deve-se levar em consideração “o conforto oferecido pelo pavimento, observando os ressaltos, as variações locais nos perfis longitudinal e transversal, principalmente os provocadas pelos sulcos nas trilhas de roda”. No Brasil a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento é o VSA (Valor de Serventia Atual) é regimentado pela norma DNIT 009/2003-PRO, onde a mesma define as faixas de qualidade da serventia.

Tabela 3 - Conceitos de trafegabilidade de acordo com VSA.

Qualidade do pavimento	Valor da serventia Atual
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Norma DNIT 009/2003 - PRO.

Na prática não se encontra um pavimento apto a receber nota 5, números próximos a esse só é visto em pavimentos recém executados de forma correta e também em função das alternativas de pavimentação selecionadas. Ao passar do tempo o tráfego e as intempéries são os dois principais fatores para a redução do valor da serventia atual (BERNUCCI et, al., 2010).

Na Figura 15 é representado o decaimento da serventia ao longo do tempo ou em função do aumento do tráfego, na imagem são representados dois pontos importantes, primeiro o limite de aceitabilidade que dependendo da categoria rodoviária e do tráfego podendo ser 2 ou 2,5, uma vez chegado nesse ponto é recomendado realizar algum tipo de intervenção de manutenção corretiva de modo a elevar o índice de serventia, a Figura 16 representa o que ocorre com a serventia de um pavimento após a manutenção, o valor de serventia pode ser menor, igual ou superior à serventia inicial do pavimento (BERNUCCI et, al., 2010).

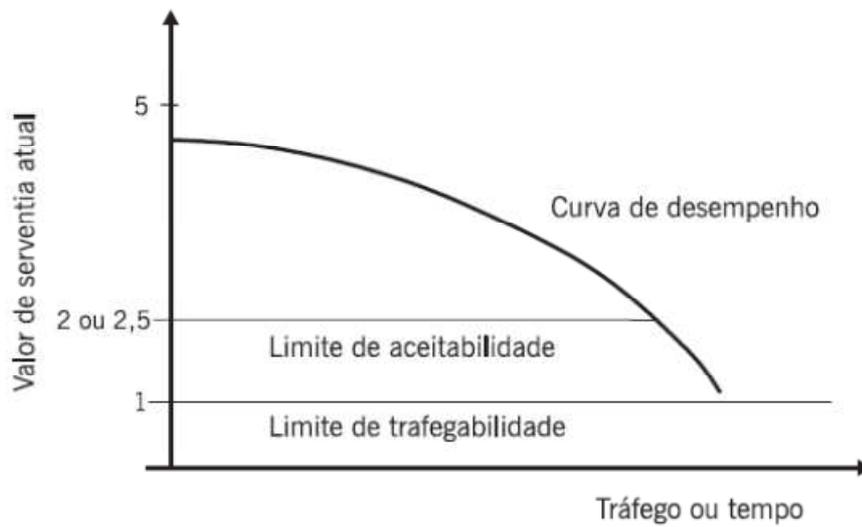


Figura 15 - Variação da serventia atual com o tempo e tráfego.

Fonte: BERNUCCI et al (2010).

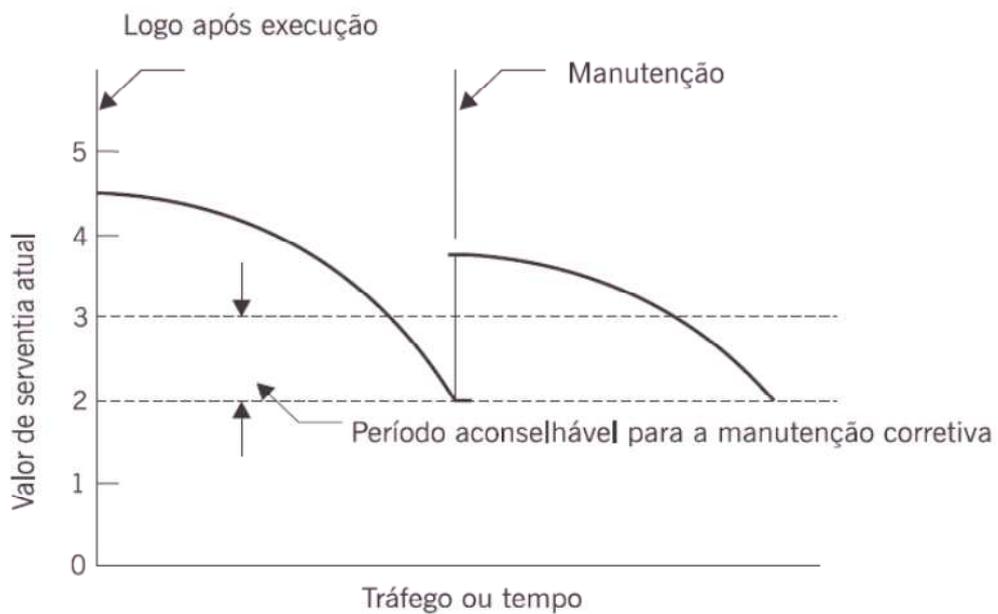


Figura 16 – Modificação do valor de serventia atual após um processo de revitalização.

Fonte: BERNUCCI et al (2010).

Uma vez não realizado as manutenções necessárias o pavimento passa dos níveis aceitabilidade e chega no limite de trafegabilidade, onde o pavimento se torna intrafegável ou muito perigoso, sendo necessária a reconstrução do pavimento (BERNUCCI et, al., 2010).

Sendo o IGG ser um parâmetro largamente empregado no Brasil, Pinto (2012, p, 44) expressa uma equação na qual pode-se relacionar o IGG a um nível de serventia atual.

$$VSA = \frac{474,48 - (1,462 \times IGG)}{94,876 + IGG} \quad (\text{Equação 8})$$

De acordo com Pinto (2012) a serventia se assemelha ao Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF) que também é uma avaliação visual do pavimento e prioriza o conforto e à segurança do usuário. A Figura 17 é de um quadro que Pinto (2012, p, 33) apresenta em seu livro sobre pavimentação rodoviária com possíveis soluções a partir do valor de ICPF.

Conceito	Descrição	ICPF
Excelente	Necessita apenas de conservação rotineira	4,5 – 5,0
Bom	Aplicação de micro revestimento – Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	3,5 – 4,0
Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento – pavimento trincado, com “panelas” poucos freqüentes e com irregularidade longitudinal e/ou transversal.	2,5 – 3,0
Mau	Recapeamento com correções prévias – defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendo superficiais ou profundos.	1,5 – 2,0
Péssimo	Reconstrução – defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Deterioração do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base.	0,0 – 1,0

Figura 17 - Quadro de soluções a partir do ICPF.

Fonte: PINTO (2012, p, 33).

3.5. Segmentos homogêneos

De acordo com o DNER (1994) e Nóbrega (2003), os segmentos homogêneos são partes sequenciais de um trecho de um pavimento que possuem características semelhantes, com essa divisão permite uma melhor análise possibilitando assim apresentar possíveis soluções que melhor se enquadrem as situações apresentadas em cada subtrecho. O DNER (1994) não estabeleceu nenhum método com o intuito de dividir o pavimento de um trecho em segmentos sequenciais que apresentem comportamento homogêneo, porém ele aconselha que a extensão máxima admitida para um subtrecho homogêneo é de 2000 m e, por razões de cunho construtivo, devem ter uma extensão mínima de 200 m.

3.6. Técnicas de Restauração de Pavimentos

3.6.1. Correção de pontos localizados.

É um processo rotineiro que tem por objetivo reparar ou sanar um defeito. Os principais serviços rotineiros são os remendos, utilizados para reparar áreas com panelas ou com trincamento por fadiga. No caso de remendo aplicados em áreas afetadas por trincamento por fadiga, esse é um processo que também pode ser considerado como uma preparação para uma segunda intervenção, como no caso da promoção de recapeamento na área. De acordo com o Manual de restauração de pavimentos asfálticos (2006) do DNIT “se as áreas mais defeituosas não forem apropriadamente reparadas, o recapeamento pode deteriorar-se mais rapidamente nos locais com trincas de fadiga”, pois isso pode acarretar no surgimento de trincas por reflexão.

3.6.2. Microrrevestimento

Bernucci et, al. recorre a norma ABNT NBR 14948/2003 para melhor expressar o conceito de microrrevestimento, sendo para ele “uma mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregados minerais, filer, água e emulsão com polímero, e eventualmente adição de fibras”. A técnica não confere um ganho estrutural relevante, sendo usada fundamentalmente para melhoramento da rugosidade do revestimento, afim de proporcionar um maior contato pneu-asfalto.

3.6.3. Recapeamento com geogrelha

De acordo com o Manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006) o recapeamento é uma intervenção com a finalidade restauração do pavimento, que consiste na adequada sobreposição de uma ou mais camadas de material betuminoso sobre o pavimento afim de conferir ao mesmo um adequado aporte estrutural.

Muitas vezes durante o processo de recapeamento surgem trincas por reflexão acima de juntas ou trincas existentes em camadas de revestimento antigo. Várias são as técnicas para evitar esse tipo de trincas, sendo uma delas a utilização de geossintéticos. Segundo Bernucci et, al (2010) “os geossintéticos podem atuar de duas maneiras: desviando as trincas ou convertendo as trincas em microfissuras ao se propagarem”.

De acordo com DNIT (2012), o geossintético é uma “denominação genérica de produtos polímeros, industrializados desenvolvidos para utilização em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções”. Para atenuar os efeitos das trincas por reflexão pode-se fazer o uso de geogrelhas, quando usadas a reflexão se dá através da formação de microfissuras de baixa severidade, podendo ainda essa formação ser interrompida (BERNUCCI et, al., 2010).

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, escolheu-se como alvo de estudo a rodovia PB-293, a baixo na Figura 18 está representado o fluxograma metodológico:



Figura 18 - Fluxograma de atividades.

Fonte: Produzido pelo autor.

4.1. Demarcação das estações

Para demarcação das estações foi utilizada como base a norma DNIT 006/2003 - PRO, a seguinte metodologia:

- Demarcação das estações consideradas (estacas);
- As áreas de estudo foram delimitadas pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais situadas a 3,0 (três) metros antes e após a estação considerada.
- Por ser pista simples de mão dupla, as estações foram feitas de 20 em 20 metros intercalando as faixas.

4.2. Levantamento dos dados nas estações

- Com o auxílio de uma treliça de alumínio padronizada pela norma, dotada de uma régua milimétrica instalada no seu ponto médio, mediu-se as deformações permanentes (flecha) no ponto máximo de depressão nos sucos formados nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TER);
- Averiguou-se quais defeitos normatizados pela DNIT 005/2003 - TER estavam presentes em cada estação e tomou-se nota dos mesmos preenchendo a ficha da norma DNIT 006/2003 – PRO que encontra-se no ANEXO .

5. ESTUDO DE CASO

5.1. A via

O presente trabalho tomou como alvo do estudo a rodovia PB-293, mais especificamente parte o trecho que faz parte da rua Pedro Eulâmpio da Silva situada na cidade de São Bento da Paraíba, como é mostrado na Figura 19. O estudo teve início no ponto que a referida via faz intersecção com a rua José Felinto de Moura Filho e teve fim no ponto onde se inicia a ponte João Agripino Filho gerando um total de 140 estacas. Para melhor caracterizar o trecho deste estudo foi necessário fazer a divisão deste em três segmentos homogêneos, o início e fim de cada segmento foi definido tomando como base a existência de defeitos de características semelhantes entre si e a extensão máxima e mínima para cada segmento.

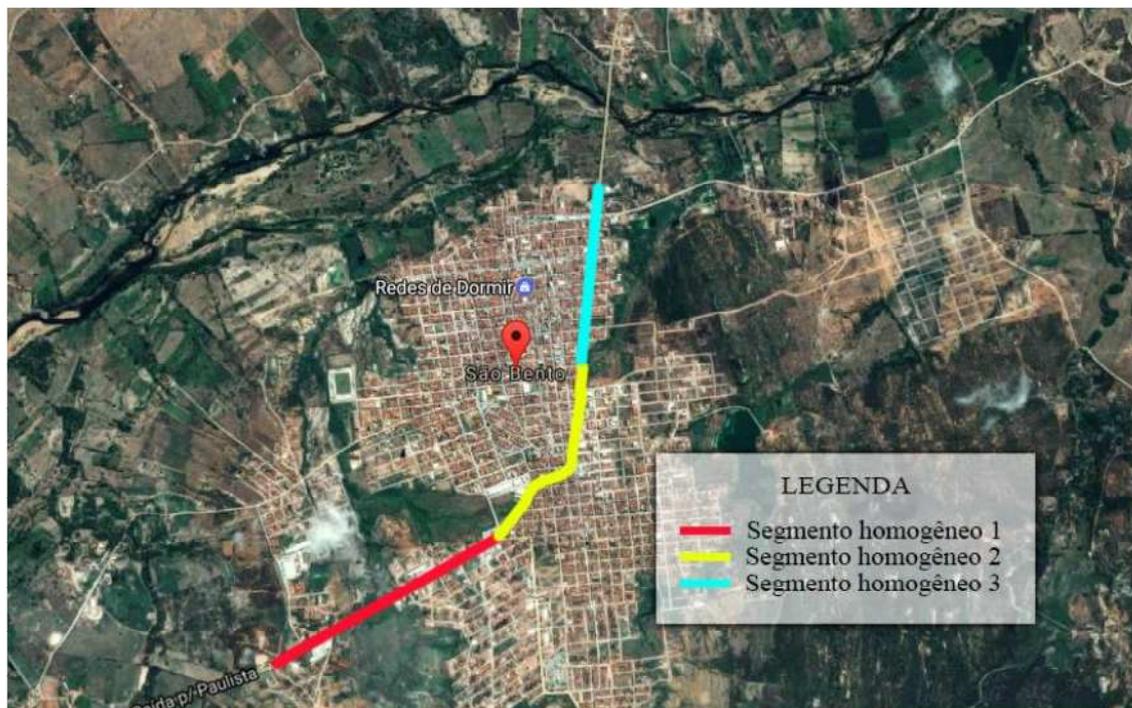


Figura 19 - Mapa de parte da cidade de São Bento -PB com enfoque na rua Pedro Eulâmpio da Silva.

Fonte: Google Maps.

5.2. A cidade

São Bento na Paraíba, fundada nas margens do Rio Piranhas, está situada no sertão do estado. De acordo com o IBGE a cidade possui uma área territorial de 248,201 km², em 2016 a cidade contava com cerca de 33.847 habitantes e em 2015 possuía 12.394 veículos registrados sob sua jurisdição.



Figura 20 - Localização geográfica de São Bento, Paraíba.

Fonte: Foto enviada por Raphael Lorenzeto de Abreu ao site Wikipédia.

A cidade é uma das mais economicamente ativa do estado, tendo o 20º maior PIB. A cidade ficou conhecida mundialmente pelo seu principal comércio, os produtos têxteis, com mais evidência inicialmente nas redes de dormir, recebendo o título de “Capital mundial das redes de dormir”. De acordo com Cruz (2016):

A indústria têxtil são-bentense é responsável por grande parcela de arrecadação do estado e é fonte da economia da população, com enfoque principal na produção de artigos de cama mesa e banho, e as redes de dormir, que é seu principal produto em cenário nacional até mesmo mundial. (CRUZ NETO, 2016, p.16)

6. RESULTADOS E DISCURSÕES

O trecho, estudado no dia 8 de fevereiro de 2017, foi dividido em três segmentos homogêneos que ao todo gerou 140 estações. O primeiro segmento homogêneo engloba as 60 primeiras estações, o segmento homogêneo 2 as 40 estações seguintes e o segmento homogêneo 3 as 40 últimas estações. No Apêndice A é apresentado todos os dados do levantamento de forma detalhada.

6.1. Segmento Homogêneo 1

Na Tabela 4 é apresentado um quadro resumo listando a frequência absoluta de cada uma das oito categorias de defeitos.

Tabela 4 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 1.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência absoluta considerada
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	21
2	(FC-2) J, TB	6
3	(FC-3) JE, TBE	0
4	ALP, ATP, ALC, ATC	5
5	O, P, E	6
6	EX	4
7	D	4
8	R	16

Fonte: Produzido pelo autor.

Utilizando as equações obteve-se os resultados dos IGI, na Tabela 5 são expressos os valores:

Tabela 5 - IGI dos defeitos do segmento 1.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência relativa	IGI
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	35,00%	7,00
2	(FC-2) J, TB	10,00%	5,00
3	(FC-3) JE, TBE	0,00%	0,00
4	ALP, ATP, ALC, ATC	8,33%	7,50
5	O, P, E	10,00%	10,00
6	EX	6,67%	3,33
7	D	6,67%	2,00
8	R	26,67%	16,00
Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER		-	1,19
Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas		-	1,05

Fonte: Produzido pelo autor.

A partir do gráfico da Figura 21, que compara a predominância entre os defeitos, observa-se que as trincas isoladas foram os defeitos mais presentes, porém o que mais contribuiu para o aumento do IGG foram os remendos, o IGG atingiu o valor de 53,07, com isso o VSA foi de 2,7, sendo classificado como REGULAR em ambos os critérios.

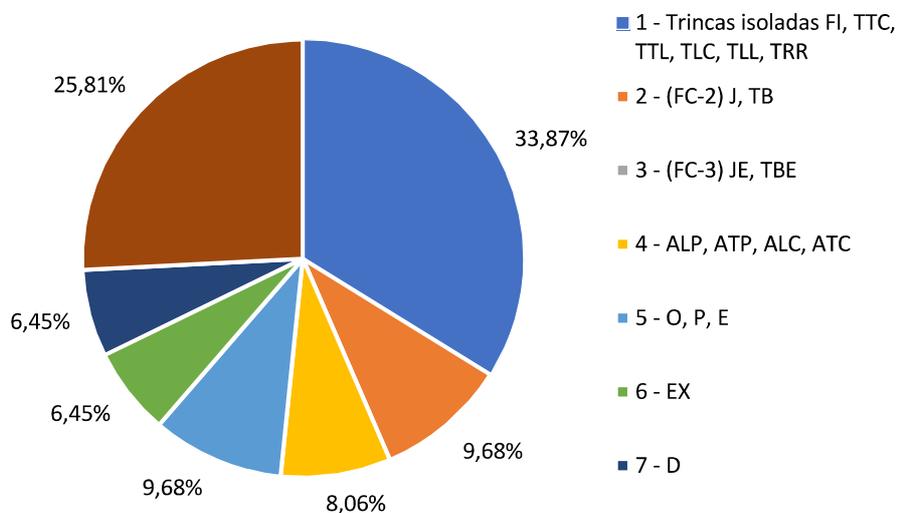


Figura 21 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 1.

Fonte: Produzido pelo autor.

Para esse segmento, a solução mais apropriada de acordo com a Figura 17 seria realizar correções de pontos localizados ou recapeamento.

Na Figura 22 percebe-se o total desprendimento do revestimento sobre uma lombada, o fenômeno se deu possivelmente por se tratar de um elemento que por natureza deve ser projetado a resistir fortes tensões, visto que é um local de intensa desaceleração e aceleração.



Figura 22 - Revestimento sob lombada totalmente destruído.

Fonte: Produzido pelo autor.

Em certo ponto do referido segmento homogêneo como mostrado na Figura 23, o pavimento apresenta afundamento do revestimento de remendo em relação à superfície original formando uma espécie de “lombada invertida”, possivelmente causada por falta de compactação das camadas inferiores ao revestimento durante a execução do remendo.



Figura 23 - Remendo formando lombada invertida.

Fonte: Produzido pelo autor.

6.2. Segmento Homogêneo 2

Na Tabela 6 é apresentado um quadro resumo listando a frequência absoluta de cada uma das oito categorias de defeitos.

Tabela 6 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 2.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência absoluta considerada
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3
2	(FC-2) J, TB	8
3	(FC-3) JE, TBE	0
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0
5	O, P, E	1
6	EX	0
7	D	0
8	R	14

Fonte: Produzido pelo autor.

Utilizando as equações obteve-se os resultados dos IGI, na Tabela 7 são expressos os valores.

Tabela 7 – IGI dos defeitos do segmento 2.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência relativa	IGI
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7,50%	1,50
2	(FC-2) J, TB	20,00%	10,00
3	(FC-3) JE, TBE	0,00%	0,00
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0,00%	0,00
5	O, P, E	2,50%	2,50
6	EX	0,00%	0,00
7	D	0,00%	0,00
8	R	35,00%	21,00
Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER		-	0,75
Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas		-	0,30

Fonte: Produzido pelo autor.

A partir do gráfico da Figura 24, que compara a predominância entre os defeitos, observa-se que os defeitos do tipo remendo foi o mais presente e que por sua vez mais contribuiu para o aumento do IGG, atingiu o valor de 36,05, com isso o VSA foi de 3,2, sendo classificado como BOM em ambos os critérios. Para o segmento, a solução mais apropriada de acordo com a Figura 17 seria realizar a aplicação de micro revestimento.

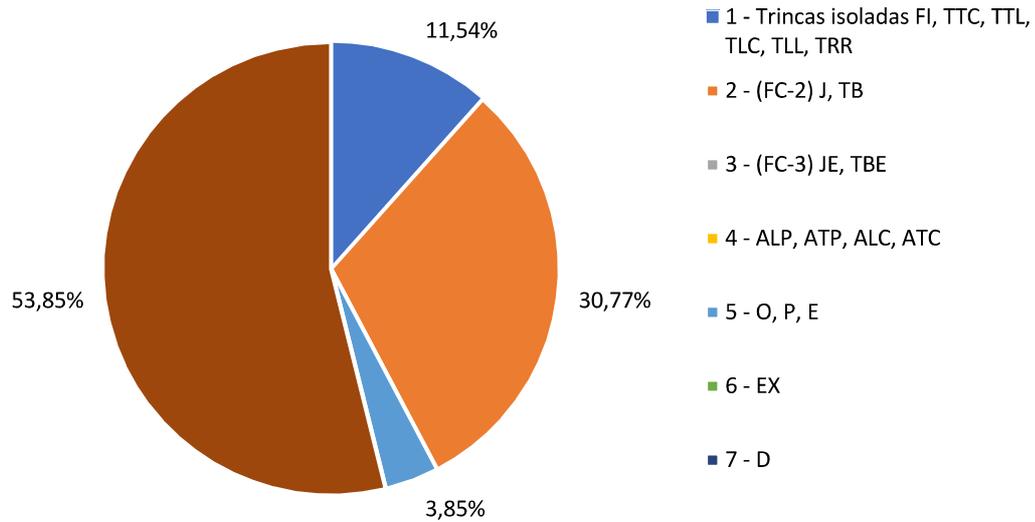


Figura 24 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 2.

Fonte: Produzido pelo autor.

6.3. Segmento Homogêneo 3

Abaixo na Tabela 8 é apresentado um quadro resumo listando a frequência absoluta de cada uma das oito categorias de defeitos.

Tabela 8 - Frequência absoluta dos defeitos do segmento 3.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência absoluta considerada
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9
2	(FC-2) J, TB	8
3	(FC-3) JE, TBE	1
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0
5	O, P, E	5
6	EX	0
7	D	29
8	R	24

Utilizando as equações obteve-se os resultados dos IGI, na Tabela 9 são expressos os valores.

Tabela 9 – IGI dos defeitos do segmento 3.

Tipo	Natureza do defeito de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER	Frequência relativa	IGI
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	22,50%	4,50
2	(FC-2) J, TB	20,00%	10,00
3	(FC-3) JE, TBE	2,50%	2,00
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0,00%	0,00
5	O, P, E	12,50%	12,50
6	EX	0,00%	0,00
7	D	72,50%	21,75
8	R	60,00%	36,00
Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER		-	1,114286
Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas		-	0,67

Fonte: Produzido pelo autor.

A partir do gráfico da Figura 25, que compara a predominância entre os defeitos, observa-se que o trecho apresenta alto nível de desgaste e a grande presença de remendos, os quais foram mais contribuíram para o aumento do IGG, onde o mesmo atingiu o valor de 88,53, com isso o VSA foi de 1,88, sendo classificado como RUIM em ambos os critérios.

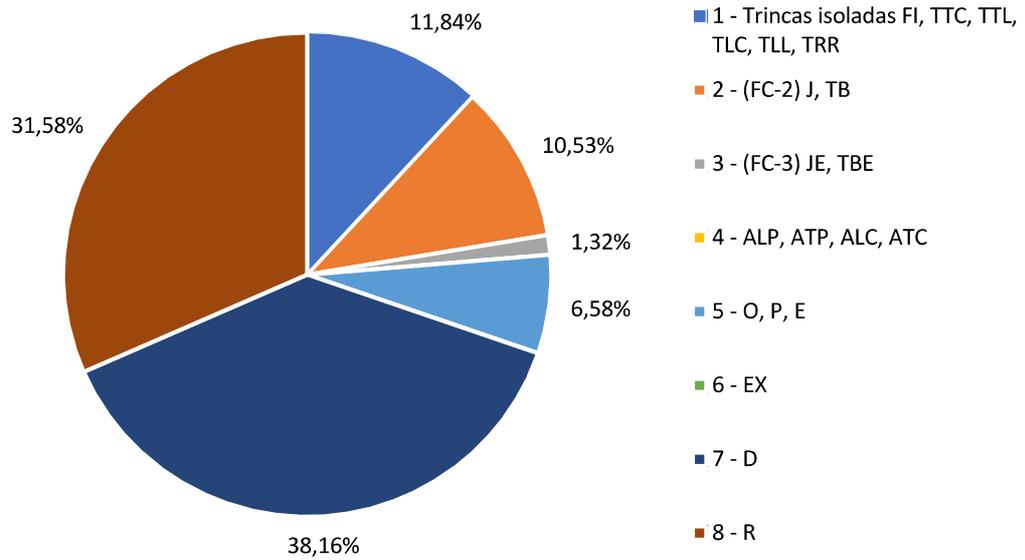


Figura 25 - Gráfico de predominância de defeitos do sub trecho homogêneo 3.

Fonte: Produzido pelo autor.

Analisando a situação exposta pela Figura 26, ver-se que em algumas estações do trecho a área de remendos é superior à do revestimento original, muitas vezes formando um aglomerado desordenado. A solução mais apropriada de acordo com a Figura 17 seria realizar o recapeamento com correções prévias.



Figura 26 - Estação apresentando inúmeros remendos.

Fonte: Produzido pelo autor.

A grande quantidade de remendos demonstra a existência de muitos pontos de fragilidade no pavimento, aparentemente a solução da operação “tapa-buracos” para essa situação não está sendo a melhor alternativa já que em muitos pontos ver-se um grande desgaste nas redondezas do remendo como na Figura 27, podendo futuramente gerar regiões como a da Figura 26.



Figura 27 - Ponto frágil do pavimento.

Fonte: Produzido pelo autor.

A Figura 28 expõe outro problema encontrado no final do trecho que não se refere ao pavimento propriamente dito, mas que vale a pena certa atenção, é o espaço deixado entre o fim do pavimento da rua com o início da superestrutura da ponte que gera certo nível de desconforto e periculosidade.



Figura 28 - Separação entre pavimento e a superestrutura da ponte.

Fonte: Foto de Lucio Flávio Araújo Jr. e Vinicius Menezes Dutra.

6.4. Resumo dos resultados

Para se ter um panorama geral da situação, abaixo na Tabela 10 é exposto todas as informações finais obtidas dos resultados.

Tabela 10 – Resumo dos três trechos.

	Segmento Homogêneo 1	Segmento Homogêneo 2	Segmento Homogêneo 3
IGG	53,57	36,05	88,53
VSA	2,7	3,2	1,9
Classificação	Regular	Bom	Ruim
Possível solução	Correção de pontos localizados ou recapeamento – pavimento trincado, com “panelas” poucos frequentes e com irregularidade longitudinal e/ou transversal.	Aplicação de micro revestimento – Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	Recapeamento com correções prévias – defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendo superficiais ou profundos.

Fonte: Produzido pelo autor.

7. CONCLUSÕES

- Pelo levantamento feito no dia 8 de fevereiro de 2017 e após uma análise da situação, nos deparamos com três segmentos que apresentam características distintas. No primeiro segmento, com IGG de 53,57, em estado regular, é possível observar que ainda apresenta trafegabilidade. No segundo segmento o pavimento apresentou boas condições, possuindo IGG de 36,05, é possível observar um bom nível de trafegabilidade. Já no terceiro segmento observamos um pavimento bem desgastado, com um IGG de 88,53 em estado ruim, apresentando áreas compostas em suas totalidades de remendos que por sua vez geram uma zona de maior risco e conseqüentemente baixa trafegabilidade.
- Através dos gráficos das Figuras 21, 23 e 24 observamos que cada segmento apresentou a predominância de um tipo de defeito, trincas isoladas, remendos e desgaste respectivamente, porém os defeitos do tipo remendo foram bem significativos em todos. Este fato ajuda no aumento do IGG tendo em vista que o defeito do tipo remendo possui um alto fator de ponderação.
- Como solução para o segmento homogêneo 1 foi sugerido a correção de pontos localizados através de remendos afim de promover a eliminação de panelas e fissuras e em seguida a aplicação de microrrevestimento para rejuvenescer o pavimento eliminando desgastes e melhorando as condições de condução.
- Para o segmento homogêneo 2, por se tratar de uma região em bom estado sugeriu-se simplesmente a aplicação de microrrevestimento, promovendo o rejuvenescimento do revestimento.
- Como o segmento homogêneo 3 apresentou elevado grau de deterioração, sugeriu-se a o recapeamento do segmento utilizando geogrelhas, que por sua vez proporcionará maior suporte estrutural ao revestimento além de evitar a reflexão de fissuras e trincas.
- Observa-se que no método do DNIT 006/2003 – PRO não leva em consideração todos os defeitos existentes no segmento homogêneo avaliado, por esse motivo para realizar um bom diagnóstico dos defeitos globais é necessário a fazer uso de outras metodologias de avaliação superficial para complementar o estudo.
- É importante lembrar que, mesmo o IGG sendo um parâmetro necessário para tomada de decisão, este deve ser combinado com outros métodos, principalmente de avaliação estrutural destrutiva e não destrutiva, e a partir daí utilizar todos esses dados em um

método de dimensionamento de reforço mais eficaz, que por sua vez apresentará uma solução mais realística para as diferentes situações.

REFERÊNCIAS

BACCARELLI, MARIA R. T.. **Manual para citações bibliográficas**. Jaguariúna, 2009. 13p.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2010

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2010.. apud. MEDINA, J. Mecânica dos pavimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 1997. 380 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 233p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005. 310p.

CNT. **Anuário CNT do transporte – Modal rodoviário: Frota**. Disponível em: < <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/Rodoviario/1-4-2-1-1-/Frota> >. Acessado em: 6. Abril. 2017

CNT. **Anuário CNT do transporte – Modal rodoviário: Infraestrutura - Malha**. Disponível em: <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/Rodoviario/1-3-1-1-1-/Malha-rodovi%C3%A1ria-total>>. Acessado em: 6. Abril. 2017

CNT. **Boletim Estatístico**. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt> >. Acessado em: 18. Março. 2017

CNT. **Boletim Informativo – Acidentes no Brasil no período de 2007 a 2015**. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-acidentes-cnt> >. Acessado em: 18. Março. 2017

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE – DITORIA EXECUTIVA – INSTITUTO DE PESQUISA RODOVIÁRIAS. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

DNER – PRO 11/79 (1979b). **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento.** Rio de Janeiro.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT-PRO 006/2003. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro [s.n.]. 2003.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT-PRO 007/2003. **Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento.** Rio de Janeiro [s.n.]. 2003.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT-PRO 009/2003. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro [s.n.]. 2003.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT-TER 005/2003. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia.** Rio de Janeiro [s.n.]. 2003.

GOOGLE MAPS. **[Mapa da cidade de São Bento - PB].** [2017]. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/HZdGvG2ct792>>. Acesso em: 15. Março. 2017

NÓBREGA, EDUARDO SUASSUNA. Comparação entre métodos de retroanálise em pavimentos asfálticos. [Rio de Janeiro] 2003. 365 p.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária** – conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro: Copiarte, 2002. 269p.

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

(continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																													
Rodovia: PB-293										Operador: Romel Monteiro																			
Trecho:										Data: 08/02/2017																			
Estaca	Sessão de corte	OK	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos				Trilhas de roda								
			FI	TTC	TTL	FLC	TLL	TRR	TI	J	TB	TIE	JE	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	T.R.I.	T.R.E.			
										1										4				5				8	
19								X																		1	2		
20							X																			1	2		
21			X																							1	1		
22																									X	1	1		
23																									X	1	1		
24													X												X	1	1		
25			X																							1	0		
26						X																			X	1	1		
27						X																			X	1	1		
28																									X	4	4		
29																										1	1		
30																										1	3		
31																									X	4	4		
32			X																							2	1		
33			X																							1	1		
34			X																							1	1		
35			X																							2	0		
36																									X	1	1		

APÊNDICE B – FICHAS DOS CALCULOS DOS ÍNDICES

Segmento 1										
TIPO	Natureza do defeito	Frequencia absoluta		Frequência absoluta considerada		Frequência ralativa		Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	22		21		35,00%		0,2	7,00	
2	(FC-2) J, TB	6		6		10,00%		0,5	5,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0		0,00%		0,8	0,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	5		x		8,33%		0,9	7,50	
5	O, P, E	6		x		10,00%		1	10,00	
6	EX	4		x		6,67%		0,5	3,33	
7	D	5		x		8,33%		0,3	2,50	
8	R	16		x		26,67%		0,6	16,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER =	1,08	TRI =	0,70	F =	0,89	1 A (x) 1 B ()	1,19	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	1,501412429	TRIV =	0,597457627	FV =	1,05	2 A (x) 2 B ()	1,05	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	60	\sum IND. GRAVID. IND. = IGG				53,57		
1A) IGI = $F \times 4/3$ quando $F \leq 30$					1B) IGI = 40 quando $F > 30$					
2A) IGI = FV quando $FV \leq 50$					2B) IGI = 50 quando $FV > 50$					
Classificação					Regular					
Serventia Atual										
VSA					2,668672881					
Classificação					Regular					

Segmento 2							
TIPO	Natureza do defeito	Frequencia absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	4	3	7,50%	0,2	1,50	
2	(FC-2) J, TB	8	8	20,00%	0,5	10,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0	0	0,00%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	x	0,00%	0,9	0,00	
5	O, P, E	1	x	2,50%	1	2,50	
6	EX	0	x	0,00%	0,5	0,00	
7	D	0	x	0,00%	0,3	0,00	
8	R	14	x	35,00%	0,6	21,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER = 0,63	TRI = 0,50	F = 0,56	1 A (x) 1 B ()	0,75	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0,291666667	TRIV = 0,307692308	FV = 0,30	2 A (x) 2 B ()	0,30	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 40	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			36,05	
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				1B) IGI = 40 quando F > 30			
2A) IGI = FV quando FV ≤ 50				2B) IGI = 50 quando FV > 50			
Classificação			Bom				
Serventia Atual							
VSA			3,221486955				
Classificação			Bom				

Segmento 3										
TIPO	Natureza do defeito	Frequencia absoluta		Frequência absoluta considerada		Frequência ralativa		Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9		9		22,50%		0,2	4,50	
2	(FC-2) J, TB	8		8		20,00%		0,5	10,00	
3	(FC-3) JE, TBE	1		1		2,50%		0,8	2,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		x		0,00%		0,9	0,00	
5	O, P, E	5		x		12,50%		1	12,50	
6	EX	0		x		0,00%		0,5	0,00	
7	D	29		x		72,50%		0,3	21,75	
8	R	24		x		60,00%		0,6	36,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER =	0,97	TRI =	0,70	F =	0,84	1 A (x) 1 B ()	1,114285714	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	0,891264132	TRIV =	0,441726619	FV =	0,67	2 A (x) 2 B ()	0,67	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	40	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG				88,53		
1A) IGI = $F \times 4/3$ quando $F \leq 30$						1B) IGI = 40 quando $F > 30$				
2A) IGI = FV quando $FV \leq 50$						2B) IGI = 50 quando $FV > 50$				
Classificação				Ruim						
Serventia Atual										
VSA				1,881326285						
Classificação				Ruim						