



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MIRLA RAFAELA TORRES PINTO SOARES

PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA MANUTENÇÃO DE DEFEITOS FUNCIONAIS NA
RN-233 NA CIDADE DE APODI/RN

MOSSORÓ

2019

MIRLA RAFAELA TORRES PINTO SOARES

PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA MANUTENÇÃO DE DEFEITOS FUNCIONAIS NA
RN-233 NA CIDADE DE APODI/RN

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Felipe Augusto Dantas de
Oliveira

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

T4774 Torres Pinto Soares , Mirla Rafaela.
p Proposta de solução para manutenção de defeitos
funcionais na RN-233 na cidade de Apodi/RN /
Mirla Rafaela Torres Pinto Soares . - 2019.
56 f. : il.

Orientador: Felipe Augusto Dantas de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Reabilitação. 2. Vias urbanas. 3. Defeitos
patológicos . I. Dantas de Oliveira, Felipe
Augusto, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MIRLA RAFAELA TORRES PINTO SOARES

PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA MANUTENÇÃO DE DEFEITOS FUNCIONAIS NA
RN-233 NA CIDADE DE APODI/RN

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Defendida em: ____ / ____ / ____.

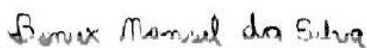
BANCA EXAMINADORA



Felipe Augusto Dantas de Oliveira, Prof. (UFERSA)
Presidente



Mayara de Freitas Medeiros Araújo, Prof. (UFERSA)
Membro Examinador



Boniex Manoel da Silva, Eng. Civil
Membro Examinador

*À minha mãe, Dalvirene Torres, que sempre
esteve ao meu lado, me apoiando e distribuindo
Todo o seu carinho, amor e atenção em todos
os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me manteve em pé em todas as dificuldades, me abençoando e guiando para os melhores caminhos. As suas graças derramadas sobre mim, me fizeram realizar várias conquistas e uma delas é a minha formação profissional.

Aos meus pais, Dalvirene Torres Pinto e Francisco Targino Leite Soares, que sempre me apoiaram, principalmente, na minha vida profissional e pessoal. Eles me incentivam a ser melhor cada dia e fizeram tudo que estava ao alcance deles para a minha formação. Eles são a parte mais importante da minha vida e devo todas as minhas conquistas a eles.

Meus irmãos, Lucas Emanuel e Francisco Romero, também tiveram o seu papel na minha formação. Ao me apoiarem e me incentivarem em todas as decisões tomadas, ao longo da minha vida.

Agradeço aos meus tios, primos e avós que me ajudaram e me deram todo o suporte na minha vida acadêmica, principalmente, a minha Madrinha, Fátima Torres, que contribui imensamente e essa vitória também é dedicada a ela.

Agradeço ao meu orientador, Felipe Augusto Dantas de Oliveira por toda a paciência, atenção e suporte. Sem dúvidas, consegui aprender muito e tenho certeza que irei levar todo o conhecimento passado para a minha vida tanto profissional como pessoal.

Aos meus amigos que são poucos, mas que fazem toda a diferença. Eles me dão os melhores conselhos, me ajudam a acreditar mais no meu potencial e nas minhas qualidades. Eles fazem toda a diferença.

Aos meus colegas que me ajudaram com todo o conhecimento, ao longo da faculdade. Agradeço a eles pelos ensinamentos, as ajudas no período de provas, aos estudos em grupo e durante os trabalhos da universidade.

À todos os que contribuíram de forma significativa nessa conquista o meu agradecimento, apesar de não ter citados todos aqui.

“O homem se torna muitas vezes o que ele próprio acredita que é. Se insisto em repetir para mim mesmo que não posso fazer uma determinada coisa, é possível que acabe me tornando realmente incapaz de fazê-la. Ao contrário, se tenho a convicção de que posso fazê-la, certamente adquirirei a capacidade de realizá-la, mesmo que não a tenha no começo”

Mahatma Gandhi

RESUMO

As rodovias são imprescindíveis para o Brasil, visto que é o principal modal de transporte do país. No entanto, as atividades de manutenção e reabilitação da malha viária necessitam de recursos públicos que possibilitem uma melhor qualidade ao rolamento, segurança, conforto e menores custos operacionais para os usuários das vias urbanas. Dessa forma, o presente trabalho realizou um estudo do revestimento asfáltico da rodovia RN-233, na cidade de Apodi/RN. O trecho pavimentado possui 1 km de extensão, no qual utilizou-se de métodos como o Índice de Gravidade Global (IGG), o Levantamento Visual Contínuo (LVC) que obteve o Índice de Estado da Superfície (IES) e, por fim, o Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI) para a avaliação superficial do pavimento. Posteriormente, com os métodos expostos, tornou-se possível propor alternativas de manutenção ou reabilitação para o pavimento, a fim de sanar ou atenuar os defeitos patológicos encontrados no trecho avaliado, tais como, panelas, trincas, desgaste e couro de jacaré, estas que são causadas devido ao tráfego intenso, má execução do revestimento asfáltico, falta de manutenção e erros de projeto. De modo geral, os métodos propuseram a execução de uma nova camada de CBUQ de 6 centímetros para o trecho analisado, consistindo-se em uma solução viável para o pavimento.

Palavras-chave: Reabilitação. Vias urbanas. Defeitos patológicos

ABSTRACT

The highways are essential for Brazil, taking into account that is the main transportation modal of the country. However, the road's maintenance activities demand public resources to provide quality assurance, comfort and lower operating costs for the users of the urban roads. Thus, the present work carried out a study about the asphalt coating of the road RN 233, located in Apodi city. The road section analyzed has 1km, which was used methods such as Global severity index (IGG), the Continuous visual survey (CVS), that got the Surface state index (IES) and finally, the International Roughness Index (IRI) for the rough assessment of the pavement. After that, through the methods mentioned above, it was possible propose alternatives for the pavement maintenance and recovery, in order to fix or reduce pathological problems found on the road section analyzed, such as various forms of cracks, defects and wear, that are caused due to intense and heavy traffic, the bad or poor execution of asphalt coating, lack of maintenance and design or planning errors. So all in all, the methods proposed an execution of a new 6 cm layer of CBUQ for the stretch of road analyzed, therefore, is presented as a viable solution for the pavement.

Keywords: Rehabilitation. Urban roads. Pathological defects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do pavimento flexível	20
Figura 2 – Demarcação da área para a avaliação dos defeitos	28
Figura 3 – Estações 1 e 3 demarcadas no pavimento	36
Figura 4 – Medição dos comprimentos dos defeitos	38
Figura 5 – Suporte para o Smartphone	41
Figura 6 – Gráfico de faixas do IRI representadas por variados tipos de rodovias	42
Figura 7- Defeitos encontrados no pavimento.....	44
Figura 8 – Trecho analisado	44
Figura 9 – Relatório do primeiro trecho analisado	46
Figura 10- Relatório do segundo trecho analisado	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de defeitos patológicos no pavimento flexível	24
Quadro 2 – Alternativas de Manutenção	32
Quadro 3 – Alternativas de Reabilitação	33
Quadro 4 – Soluções para a rodovia em CBUQ.....	34
Quadro 5 – Exemplo de cálculo do IGI e do IGG	37
Quadro 6 – Frequência dos defeitos	38
Quadro 7 – Conceitos do ICPF	39
Quadro 8 – Determinação do IGGE	39
Quadro 9 – Pesos do IGGE	40
Quadro 10 – Valores do IES.....	40
Quadro 11 – Cálculo do IGG.....	45
Quadro 12 – Classificação e codificação dos defeitos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos e limites em função do IGG.....	28
Tabela 2 – Avaliação do LVC	45
Tabela 3 – Valores do IRI obtidos pelo aplicativo	47
Tabela 4 – Alternativa de manutenção	48

LISTA DE SIGLAS

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a quente
DERBA	Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Trânsito
FS	Fresagem
Geipot	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Hn	Camada de CBUQ com espessura “n”
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPF	Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis
IES	Índice do Estado de Superfície do Pavimento
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IGI	Índice de Gravidade Individual
IRI	Índice de Irregularidade Internacional
LA	Lama asfáltica
LVC	Levantamento Visual Contínuo
MI	Microrrevestimento asfáltico
MR	Manutenção rotineira
REC	Reconstrução do Revestimento
REP	Reperfilagem do Revestimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	HISTÓRICO.....	18
3.2	ATUAL SITUAÇÃO DO BRASIL	18
3.3	TIPOS DE PAVIMENTO	19
3.3.1	Pavimento Flexível.....	19
3.3.2	Pavimento Rígido	19
3.3.3	Pavimento Semirrígido.....	19
3.4	SUBLEITO E AS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	20
3.4.1	Revestimento Asfáltico	20
3.4.2	Imprimação	21
3.4.3	Bases e Sub-Bases.....	21
3.4.4	Reforço de subleito.....	22
3.4.5	Subleito	22
3.5	MATERIAIS PARA AS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	23
3.5.1	Agregados	23
3.5.2	Asfalto	23
3.6	DEFEITOS NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	23
3.7	AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	27
3.7.1	Índice de Gravidade Global (IGG).....	27
3.7.2	Levantamento Visual Contínuo (LVC).....	29
3.7.3	Índice de Irregularidade Internacional (IRI).....	30
3.8	INTERVENÇÕES QUE VIABILIZAM O PAVIMENTO	31
3.8.1	Manutenção dos pavimentos.....	31
3.8.2	Conservação de Rodovias.....	32
3.8.3	Recuperação de Pavimentos	32
3.8.4	Melhoramentos.....	33

3.8.5	Reabilitação	33
3.9	DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO	33
4	METODOLOGIA	35
4.1	TIPOS DE PESQUISA	35
4.2	UNIVERSO DA PESQUISA	35
4.3	LEVANTAMENTO EM CAMPO	36
4.3.1	Índice de Gravidade Global – IGG	36
4.3.2	Levantamento Visual Contínuo – LVC	38
4.3.3	Índice de Irregularidade Internacional – IRI	40
4.4	DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1	RESULTADOS OBTIDOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO	43
5.1.1	Índice de Gravidade Global – IGG	43
5.1.2	Levantamento Visual Contínuo – LVC	45
5.1.3	Índice de Irregularidade Internacional – IRI	46
5.2	ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO	48
6	CONCLUSÃO	49
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Segundo Bernucci *et al* (2008), no Brasil, o transporte rodoviário corresponde a cerca de 60% do volume de mercadorias que trafegam nas vias, dados obtidos do Geipot (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes). Isso mostra a dependência que a economia brasileira apresenta com o modal rodoviário, desde o crescimento da indústria automobilística, que marcou a inserção dos veículos no mercado, proporcionando a construção de pavimentos.

As condições insatisfatórias dos pavimentos prolongam o custo operacional dos transportes, além de diminuir o conforto e a segurança dos indivíduos. Ademais, a economia produtiva do Brasil é impactada diretamente, uma vez que são necessários investimentos crescentes no modal de transporte rodoviário, a fim de possibilitar uma maior produtividade e intensificar a competitividade do mercado brasileiro com os demais (CNT, 2017).

O Pavimento consiste em uma estrutura de diversas camadas sobrepostas, composta de diversos materiais. A caracterização dos pavimentos baseia-se em três tipos: flexíveis, rígidos e semirrígidos. No entanto, a pavimentação de aspecto flexível, constituída de um revestimento betuminoso é a mais encontrada no Brasil, porque possui preços menores tanto de manutenção quanto de implantação ao ser comparada as demais pavimentações. Não obstante, por mais que o pavimento flexível seja mais barato, este exige uma maior atividade de conservação, se degradando de forma mais rápida quando comparado com outros tipos de revestimento (SOUSA, 2014).

Além disso, o pavimento é uma estrutura que deve conceder conforto, durabilidade e segurança aos usuários (CNT, 2017). No entanto, a malha rodoviária brasileira encontra-se deficiente, sendo necessários investimentos na manutenção dessas rodovias. Diante disso, a vida útil dos pavimentos asfálticos está sendo reduzida, o que, de fato, é uma situação preocupante, já que o transporte rodoviário é imprescindível para o crescimento econômico e social do Brasil.

Conforme Bernucci *et al.* (2008), em alguns lugares do país, a infraestrutura rodoviária se encontra bem distante das obrigações do estado, acarretando a diminuição do setor produtivo, uma vez que as estradas são responsáveis por fomentar a economia do país, através do transporte de cargas.

É notório que a realidade na qual a matriz modal rodoviária se encontra nos torna adversários fracos no comércio exterior, porque as estradas não suprem mais as necessidades do país. Bernucci *et al.* (2008) afirma que, para a recuperação de toda a malha rodoviária, seria

necessária uma verba de 10 bilhões de reais, investimento este que possibilitaria um maior conforto e segurança aos usuários.

Devido à falta de conservação das rodovias, inúmeras patologias surgem, tais como: Trincas, panelas, afundamento, escorregamento, ondulação, entre outras. Além disso, é importante frisar que a manutenção deve ser realizada de maneira correta para a obtenção de resultados satisfatórios, visto que, os defeitos patológicos poderão evoluir, necessitando de ações com maiores custos.

Pode-se observar ainda que a competitividade brasileira também é afetada pela falta de infraestrutura, em virtude do aparecimento de inúmeras manifestações patológicas que acarretam custos elevados com veículos, acidentes e desperdícios com cargas (BERNUCCI *et al.*, 2008). Dessa forma, a atual conjectura das rodovias brasileiras torna clara a necessidade de uma discussão acerca do mau estado das vias no país.

Portanto, a pesquisa propõe buscar quais os principais defeitos patológicos presentes no pavimento asfáltico em trecho da rodovia estadual RN-233, localizada no município de Apodi. O trecho corresponde a 1km de pavimento asfáltico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como objetivo definir alternativas de manutenção ou reabilitação para as manifestações patológicas do pavimento no trecho da RN-233 revestido com material asfáltico, na cidade de Apodi, Rio Grande do Norte.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as manifestações patológicas encontradas no trecho rodoviário definido.
- Identificar as possíveis causas e consequências das ocorrências dos defeitos patológicos no pavimento rodoviário.
- Propor soluções para a manutenção ou reabilitação do revestimento asfáltico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

É uma estrutura executada sobre um terreno de fundação, formando as vias urbanas e rodovias. A função do pavimento é garantir condições satisfatórias de conforto e segurança ao tráfego de veículos e indivíduos. Além disso, a qualidade do rolamento deve ser levada em consideração para possibilitar uma redução de custos operacionais (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Conforme Bernucci *et al.* (2008), o pavimento é constituído de inúmeras camadas de espessuras finitas. Ademais, a superfície final de terraplanagem recebe o pavimento. A função baseia-se em resistir aos esforços atuantes do tráfego de veículos e de fatores climáticos. Além disso, o pavimento deve proporcionar melhores condições de conforto, economia, segurança e de rolamento para os usuários.

Pavimentar consiste em uma ação que possibilita a melhoria do tráfego. Para estabelecer maior conforto ao deslocamento de veículos, a superfície deverá ser mais regular e mais aderente para garantir condições de segurança em pistas que se apresentam úmidas ou molhadas. Dessa forma, se o pavimento apresentar uma qualidade de rolamento satisfatória, os custos operacionais e de manutenção serão reduzidos, visto que eles estão relacionados ao estado das superfícies dos pavimentos (BALBO, 2007).

As cargas das rodas dos veículos e as ações dos ventos (variação térmica e higrométrica) são fatores que afetam diretamente o pavimento. A estrutura é construída sobre um terreno de fundação, o subleito, e, caso não for dimensionada para suportar as ações solicitantes, poderá ocasionar futuramente manifestações patológicas (SILVA, 2008).

Não obstante, Pinto e Preussler (2002) ainda acrescentam que, devido ao crescimento do tráfego, o pavimento deverá ser construído com a função de resistir as cargas exercidas, principalmente, pelos veículos. Logo, é necessário que investimentos nas vias sejam realizados para sanar alguns problemas que dificultam a circulação. É possível perceber que a manutenção e a conservação das vias possibilitarão a diminuição do tempo de viagem, no consumo de combustível, no número de acidentes e possibilitará o aumento do conforto ao rolamento.

3.1 HISTÓRICO

Na antiguidade, as civilizações preocupavam-se com a construção de vias, visto que a atividade possibilitaria o crescimento econômico, a integração da região e a preservação de caminhos que facilitariam nas disputas territoriais. Diante disso, os egípcios e os gregos foram os primeiros a adotarem o conceito de pavimentação. No entanto, os serviços realizados eram restringidos a eventos decorativos para as festividades religiosas e militares (BALBO, 2007).

Os povos etruscos e cartagineses diferenciaram-se dos egípcios e gregos, porque a aplicação das técnicas de pavimentação foi realizada de forma mais objetiva. Contudo, os romanos enriqueceram os métodos ao longo dos anos, possibilitando a expansão para os demais continentes (BALBO, 2007).

A Via Ápia foi construída pelos romanos por volta de 312 a.C. A importante via de 195 km ligava as cidades de Roma e Cápua e era responsável por conceder a locomoção do exército romano. Logo, há mais de 2000 anos, os romanos já apresentavam um grande desenvolvimento em sua malha viária (BERNUCCI *et al.*, 2008).

No Brasil, uma das primeiras estradas tem início no ano de 1560 e liga São Vicente ao Planalto Piratininga. Em seguida, novas estradas foram sendo criadas no país, possibilitando o crescimento, principalmente, econômico (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Com a tecnologia que foi desenvolvida na Segunda Guerra Mundial, ocorreu um crescimento na pavimentação, na década de 1940. Obras, como pistas de aeroportos, foram construídas pelos engenheiros norteamericanos com o intuito de tornar mais fácil a circulação e o transporte de mercadorias para a guerra (BERNUCCI *et al.*, 2008).

3.2 ATUAL SITUAÇÃO DO BRASIL

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), os investimentos na infraestrutura de transporte se encontram distantes dos encargos do país. Logo, o modal rodoviário é deficiente, tornando a economia brasileira pouco competitiva, uma vez que o país necessita das estradas para manter em alta escala o setor produtivo. Além disso, os investimentos na infraestrutura do país são minoria, visto que o financiamento para rodovias é oriundo dos recursos dos orçamentos anuais e com financiamentos de alguns bancos, o que não é suficiente para a infraestrutura das rodovias. Com isso, o alto índice de acidentes, o gasto elevado com os veículos, a péssima qualidade de rolamento e o desconforto ao motorista são gerados pelo modal de transporte rodoviário do Brasil.

3.3 TIPOS DE PAVIMENTO

Os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, rígidos e semirrígidos, como disposto abaixo. O trabalho abordará sobre o pavimento flexível, o mais utilizado nas rodovias do Brasil por apresentar vantagens, como, por exemplo, materiais disponíveis, mão de obra barata, entre outras.

3.3.1 Pavimento Flexível

É um pavimento em que as camadas sofrem deformações elásticas sob o carregamento aplicado. A carga se distribui em partes proporcionais nas camadas. Um exemplo típico é o pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).

Conforme Silva (2008), o pavimento flexível apresenta alguns materiais específicos em cada camada, tais como: o revestimento é composto por asfalto, a base é construída por meio de material granular e o material granular ou solo constitui a camada de sub-base presente no pavimento.

3.3.2 Pavimento Rígido

O revestimento do pavimento rígido tem uma alta rigidez em relação às camadas inferiores, por isso, absorve quase todas as tensões oriundas do carregamento aplicado. Um exemplo típico é o pavimento constituído por concreto de cimento Portland (DNIT, 2006).

3.3.3 Pavimento Semirrígido

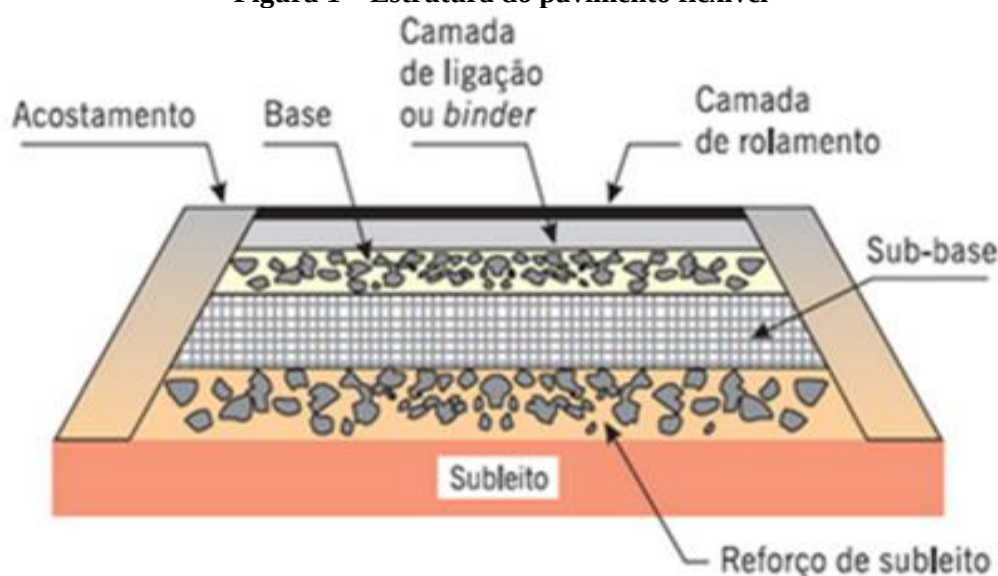
A base do pavimento semirrígido é cimentada por algum aglutinante que apresenta características cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).

Segundo Silva (2008), o pavimento semirrígido apresenta alguns materiais específicos, como: O asfalto presente no revestimento, material com características cimentícias na base e a sub-base, que é composta por material granular ou solo. Ademais, a formação de trincas transversais poderá ocorrer se a dosagem e a execução da base com material cimentício não for realizada de forma correta.

3.4 SUBLEITO E AS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o pavimento asfáltico flexível é formado por quatro camadas, sendo estas: revestimento, base, sub-base e reforço de subleito. O subleito não é dimensionável como uma camada. Ademais, o reforço na parte estrutural é dado pelas camadas seguintes ao revestimento, que são a base, sub-base e o reforço de subleito. A disposição das camadas se dá conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Estrutura do pavimento flexível



Fonte: Bernucci, 2008.

O subleito recebe as camadas dos pavimentos. Estas são compostas de distintos materiais que vão sendo compactados. Portanto, as camadas devem resistir aos esforços resultantes do transporte de veículos, a fim de que não ocorram deformações incompatíveis que a estrutura não possa suportar (BALBO, 2007).

3.4.1 Revestimento Asfáltico

O revestimento asfáltico é a camada mais elevada. É responsável por receber a ação dos esforços oriundos do tráfego e conduzi-los as camadas abaixo. Além disso, o revestimento pode ser constituído pela camada de rolamento e por camadas de ligação (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Conforme Balbo (2007), o revestimento obtém os carregamentos estáticos ou dinâmicos, de modo que não sofra desintegração de componentes, perda de compactação e

elevadas deformações elásticas. Logo, o revestimento é dividido em duas camadas, sendo estas: camada de rolamento e de ligação.

“É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e é destinada a melhorá-lo quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste” (BALBO, 2007).

De acordo com Silva (2008), o revestimento é a camada superior do pavimento responsável por resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e indivíduos, as ações do intemperismo e proporcionar um maior conforto ao rolamento. Ademais, o revestimento impermeabiliza o pavimento, processo que tem por finalidade reduzir os efeitos da ação da água.

A capacidade de resistir as ações do tráfego, propiciar uma maior resistência a superfície, minimizar a entrada de água no pavimento e proporcionar um melhor rolamento e conforto aos usuários, logo, são funções do revestimento.

3.4.2 Imprimação

As camadas necessitam de uma pintura de ligação ou imprimação impermeabilizante. As pinturas de ligação têm o objetivo de proporcionar aderência entre a base e o revestimento betuminoso antes do lançamento da camada superior. Para estabelecer essa aderência são utilizados ligantes betuminosos (DNIT, 2009).

3.4.3 Bases e Sub-Bases

As camadas de base e sub-base surgem para amenizar as tensões exercidas sobre as camadas inferiores. Uma de suas funções é possibilitar a drenagem subsuperficial dos pavimentos. Além disso, quando a base é densa, faz-se necessário dividi-la em duas camadas, considerando-se aspectos construtivos e econômicos. Sendo assim, a sub-base é gerada com menor custo (BALBO, 2007).

As bases e sub-bases são camadas que podem ser constituídas dos mesmos materiais, entre eles, solo estabilizado de forma natural, brita graduada, mistura de solos e agregados (solo-brita), brita graduada combinada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante asfáltico ou hidráulico, concretos, etc. Além disso, os solos estabilizados quimicamente apresentam um consumo pequeno de agentes aglomerantes (BALBO, 2007).

A camada de base se encontra abaixo do revestimento e tem por finalidade resistir as deformações e as tensões operantes. Além do mais, a camada possui drenos que são

responsáveis por estabelecer a drenagem das águas provenientes do pavimento. Desta forma, o uso de materiais como a brita graduada simples, concreto compactado a rolo, macadames hidráulicos, entre outros, torna-se necessário, pois materiais de alta qualidade impedem o aparecimento de manifestações patológicas (SILVA, 2008).

Como a espessura da base é densa, a sub-base é construída para tentar amenizá-la. Além disso, a camada de sub-base protege o subleito das cargas atuantes no pavimento que podem ocasionar deformações. Logo, existem materiais que são utilizados na construção da sub-base, o solo-cal, solo-cimento, o cascalho, entre outros (SILVA, 2008).

Segundo Pinto e Preussler (2002), a sub-base é a camada que se encontra abaixo da base. Essa camada consiste em proporcionar suporte e possibilitar a drenagem da água. Assim, ela compõe a parte estrutural do pavimento, porém, ao comparar as propriedades com a camada da base, nota-se a divergência, visto que, a base apresenta uma melhor resistência. Além disso, a sub-base aparece em um nível superior ao reforço do subleito e subleito, logo, o material da sub-base tem melhor característica, porque, as cargas atuantes nessa camada são maiores que nas demais.

3.4.4 Reforço de subleito

Segundo Balbo (2007), é necessário executar sobre o subleito uma camada mais resistente e de maior qualidade, visto que o solo composto no subleito apresenta pouca resistência aos esforços verticais que agem sobre a superfície. Diante disso, é necessária uma camada de maior reforço de forma que a fundação possa resistir as tensões.

O reforço de subleito tem uma espessura continua ao longo de toda a camada. É localizado acima da camada de regularização. Ademais, suas características geotécnicas são inferiores a camada depositada acima e superiores ao subleito (DNIT, 2006).

3.4.5 Subleito

A maior preocupação quanto as propriedades de capacidade de suporte fica alocada nas camadas superiores, visto que são nelas que os esforços exercem maior magnitude. No subleito, os esforços são menores devido a profundidade. Além disto, nos cortes do corpo da estrada, o subleito será composto de material natural consolidado e compactado. No caso de aterros, o material será transportado e compactado (BALBO, 2007).

3.5 MATERIAIS PARA AS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

3.5.1 Agregados

O agregado é um termo utilizado de forma generalizada para a areia, pedregulho e rochas minerais. Apresentam formas e volumes com dimensões diferentes e são imprescindíveis para a construção civil. Ademais, devido a multiplicidade de agregados, torna-se necessária a escolha adequada desses materiais para cada utilização específica (BERNUCCI *et al.*, 2008).

3.5.2 Asfalto

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o revestimento asfáltico corresponde a cerca de 95% das estradas que são pavimentadas. Isso mostra a importância do asfalto e o seu uso constante nos pavimentos. O asfalto consiste em um ligante betuminoso e o seu processo de produção baseia-se na destilação do petróleo.

Além disso, o asfalto tem algumas propriedades imprescindíveis para a pavimentação, a capacidade de ser impermeável à água, pouco reativo, durável, apresenta uma forte união com os agregados, entre outras. Ademais, o asfalto pode funcionar como um adesivo termoviscoplastico que pode ser moldado a uma dada temperatura (BERNUCCI *et al.*, 2008).

3.6 DEFEITOS NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

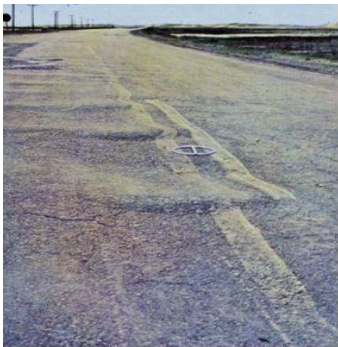
Segundo Bernucci *et al.* (2008), as intempéries e o tráfego de forma contínua ocasionarão futuramente defeitos na superfície do pavimento. No entanto, erros de projetos, na dosagem de materiais, escolha inadequada dos materiais, falhas na construção, são inadequações que ocorrem imediatamente, reduzindo a durabilidade do pavimento. Dessa forma, com relação a erros de projetos, a falta de planejamento, a dificuldade em prever o constante aumento do tráfego no local, o excesso de carga, no qual os veículos se submetem, o dimensionamento estrutural realizado de forma errada, são alguns dos fatores que acarretarão em defeitos.

Ainda segundo Bernucci *et al.* (2008), para obter a melhor solução para a recuperação da rodovia é necessário realizar o diagnóstico completo e conhecer as causas que proporcionaram os defeitos patológicos. Além disso, a investigação do solo, dos fatores climáticos, o levantamento de dados do local de forma geral, ajudará a encontrar medidas que minimizem os efeitos dos problemas encontrados.

De forma generalizada, podemos classificar os defeitos em pavimentos flexíveis como sendo: Corrugações, afundamentos, exsudação de asfalto, desgaste, panela, escorregamento, trincas e fissuras, conforme o DNIT (2003).

Quadro 1 – Exemplos de defeitos patológicos no pavimento flexível

(continua)

Defeito	Foto	Descrição
Corrugações		São defeitos patológicos caracterizados por ondulações transversais no pavimento.
Afundamento: Afundamento plástico		Consiste em uma patologia ocasionada pela fluência plástica das camadas ou do subleito. A deformação conduz ao solevamento.
Afundamento: Afundamento de consolidação		Consiste em uma patologia ocasionada pela consolidação diferencial das camadas ou do subleito. A deformação não conduz ao solevamento.

Quadro 1 – Exemplos de defeitos patológicos no pavimento flexível

(continuação)

Defeito	Foto	Descrição
Exsudação		O ligante migra do revestimento, o que ocasiona um excesso na superfície do pavimento.
Escorregamento		O revestimento se desloca em relação a base. Ademais, fendas aparecem com o formato de meia-lua.
Desgaste		Consiste na desintegração dos agregados do pavimento devido ao tráfego. A superfície do revestimento fica com um aspecto áspero.
Panela		Consiste em um buraco que se configura no revestimento.

Quadro 1 – Exemplos de defeitos patológicos no pavimento flexível
(continuação)

Defeito	Foto	Descrição
Trinca Isolada Transversal		Consiste em uma trinca em que sua direção se apresenta de forma ortogonal ao eixo da via.
Trinca Isolada Longitudinal		Consiste em uma trinca em que sua direção se apresenta de forma paralela ao eixo da via.
Trinca Isolada de Retração		É relacionada a ocorrência de fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou da base.
Trinca Interligada Couro de Jacaré		São trincas que não apresentam direções definidas. Ademais, os aspectos delas se assemelha a um couro de jacaré.

Quadro 1- Exemplos de defeitos patológicos no pavimento flexível

(conclusão)

Trinca Interligada em Bloco		As trincas apresentam formatos de blocos com lados bem estabelecidos.
Remendo		Consiste em falhas na superfície do pavimento que vão sendo preenchidas por material betuminoso.

Fonte: DNIT, 2003; Bernucci *et al.*, 2008.

3.7 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

3.7.1 Índice de Gravidade Global (IGG)

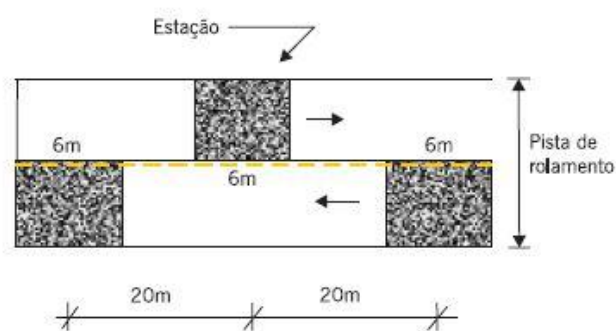
O pavimento sofre com a ação de cargas na sua superfície devido ao tráfego intenso. Logo, defeitos patológicos surgem, ocasionando a redução da vida útil das rodovias. Diante disso, criou-se o índice de gravidade global (IGG), que consiste em definir a situação geral do pavimento, tendo papel imprescindível no auxílio das escolhas de restaurações ou manutenções adequadas para cada tipo de defeito patológico (DNIT, 2006). A Tabela 1 exhibe os conceitos e limites do IGG para um determinado trecho de pavimento.

Tabela 1 – Conceitos e limites em função do IGG

Conceito	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT, 2006.

O método do IGG define estações que serão fundamentais para estabelecer os defeitos presentes no pavimento, apresentadas na Figura 2. O processo baseia-se na inserção de um ensaio, no qual, várias estações são distanciadas por 20m tanto na pista simples como na pista dupla. No entanto, na pista simples a distância de 20m deve alternar-se na faixa da direita e na faixa da esquerda. Na pista dupla, o processo ocorre de outra forma, as estações são distanciadas, considerando apenas uma faixa de trânsito. A faixa a ser considerada é a externa, normalmente por ter um caráter mais crítico (DNIT, 2006).

Figura 2 – Demarcação da área para a avaliação dos defeitos

Fonte: BERNUCCI et al., (2008)

Conforme o DNIT (2006), além de estabelecer que as estações devem ser distanciadas de 20m, a avaliação do pavimento é determinada por uma seção transversal. O valor da área da estação corresponde a 21m^2 ($6\text{m} \times 3,5\text{m}$). Portanto, a área da região é obtida por uma seção transversal situada a 3m à ré da estação e outra 3m avante da estação pelo eixo da pista de

rolamento, ao considerar a pista simples, ou o eixo de separação da faixa, caso considere-se a pista dupla.

3.7.2 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

A norma do DNIT 008/2003 – PRO estabelece o Levantamento Visual Contínuo (LVC) que, inerente ao Índice de Gravidade Global (IGG), são procedimentos necessários para a avaliação da superfície dos pavimentos. Além disso, o LVC é responsável por determinar o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e o Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES).

A avaliação do pavimento, segundo o DNIT (2003) deve apresentar condições gerais do levantamento, tais como, o uso de um veículo com velocímetro para a aferição de velocidades e odômetro para a aferição das distâncias percorridas durante o trajeto da rodovia. Ademais, é necessário verificar as condições de tempo para a prática do LVC, visto que, tempos chuvosos ou com pouca luz dificultaram a obtenção dos resultados.

A escolha de uma equipe de operação é fundamental para realizar o levantamento visual contínuo. A equipe deve ser composta por um motorista e dois técnicos que deverão percorrer uma rodovia em um veículo com uma velocidade aproximada de 40km/h. Ademais, a rodovia de 2 faixas de tráfego deverá ser percorrida em um único sentido e, em rodovias com 2 pistas de cada lado, o levantamento deverá ser realizado para cada pista de forma separada (DNIT, 2003).

Segundo o DNIT (2003), a extensão de 1km deverá ser estabelecida. Após cada quilômetro percorrido, as informações e a frequência dos defeitos são analisadas. São estabelecidas a quantidades de panelas e remendos por km percorrido e a porcentagem de ocorrência dos demais defeitos por km percorrido.

O Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis é estabelecido de forma subjetiva, por meio da média aritmética dos valores dados por dois avaliadores para o pavimento. Dessa forma, para cada dado do ICPF, soluções de manutenção são propostas (DNIT, 2003).

Por fim, o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) baseia-se em analisar os defeitos e obter o seu fator de ponderação, a sua gravidade, os pesos e a frequência ao verificar a ocorrência dos defeitos no pavimento asfáltico. Dessa forma, com o Índice Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF) e o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) é estabelecido o valor do IES que apresenta valores de 0 a 10 e com conceitos variados (DNIT, 2003).

3.7.3 Índice de Irregularidade Internacional (IRI)

Modelos de previsão de desempenho funcional dos pavimentos foram desenvolvidos na última década por meio de vários estudos. Ademais, eles objetivam analisar as condições e qualidade ao rolamento, diminuição de custos para os veículos, aumento da segurança e de conforto para os usuários, além de proporcionar soluções de manutenção para os pavimentos asfálticos (CAMPOS, 2002).

O processo de avaliar o conforto e a segurança ao usuário é realizado pelo IRI, um índice de previsão de desempenho funcional dos pavimentos. Campos (2002) aborda que o seu destaque surgiu depois que as concessões rodoviárias propuseram um valor para o uso das rodovias, logo, os usuários tornaram-se consumidores desses serviços.

De acordo com Campos (2002), a irregularidade é um parâmetro confiável que faz uso de uma pequena quantidade de equipamentos, além disso, o processo demanda menores custos e a sua realização é mais rápida. Dessa forma, o índice de irregularidade se torna mais viável quando comparado com outros índices de desempenho, tais como afundamento em trilhas de roda, deflexão recuperável, levantamento de área trincada e o inventário de superfície.

Segundo Bernucci *et al* (2008), a soma dos desvios da superfície dos pavimentos, com a qualidade ao rolamento, o efeito dinâmico das cargas e a drenagem superficial são fatores que estabelecem a irregularidade longitudinal. Dessa forma, o índice de irregularidade internacional, o IRI, é responsável por medir a irregularidade longitudinal de forma estatística e vem sendo aceito em vários países como instrumento que serve para o comando de obras.

Um conjunto de desvios de uma superfície em relação a um plano de referência constitui em uma irregularidade longitudinal. Logo, os desvios trazem consequências para o pavimento e, conseqüentemente, para os usuários da via, visto que acometem a qualidade do rolamento, a dinâmica dos veículos é afetada e, também, a ação dinâmica das cargas sobre a via (PINTO e PREUSSLER, 2002).

De acordo com Pinto e Preussler (2002), o aparecimento de irregularidades no pavimento pode ter sido ocasionado durante o processo executivo da via, devido as condições ambientais e ao tráfego realizado de forma intensa. Dessa forma, as irregularidades afetam os usuários e os veículos que necessitam de melhores condições de rolamento para realizarem o seu trajeto nas estradas. Logo, efeitos que são gerados pelas irregularidades aos motoristas e aos próprios veículos dependem de outros fatores vinculados, tais como, a sensibilidade dos usuários e da própria carga e a suspensão de veículos.

As medições de irregularidade longitudinal estabelecem o controle da qualidade da execução, avaliam o nível de serventia dos pavimentos, realizam o diagnóstico dos pavimentos e definem soluções de manutenção que podem ser aplicadas, auxiliam nas decisões de gerência de pavimentos e, também, as medições são usadas na atualização e na realimentação de modelos de previsão de desempenho de pavimentos (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Além disso, o processo de medição das irregularidades é realizado por meio de várias escalas padronizadas. No entanto, com a finalidade de estabelecer apenas um padrão de medição, uma pesquisa internacional que ocorreu em Brasília, no ano de 1982, definiu uma escala de referência para todos os sistemas de medição, o IRI. Portanto, o índice de irregularidade internacional utiliza a unidade de medida o m/km que consiste na razão dos deslocamentos acumulados da suspensão do veículo pela distância que é percorrida pelo mesmo (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Os perfilômetros, usados para medir a irregularidade longitudinal dos pavimentos são sistemas bastante sofisticados e que apresentam custos elevados. Ademais, os operadores necessitam estar aptos e ter habilidade para o manuseio. Além dos perfilômetros, as avaliações subjetivas consistem em um sistema também de medição, mas não é aconselhável, visto que demanda muito trabalho e não é realizado de forma rápida (BISCONSINI, 2016).

Além dos perfilômetros e das avaliações subjetivas, o sistema de medição do tipo resposta utilizando smartphones tem a função de avaliar e mensurar a irregularidade longitudinal dos pavimentos. O processo é todo realizado através dos aparelhos móveis, que possuem mecanismos como o GPS e o acelerômetro, capazes de capturar os sinais de acelerações verticais em conjunto com a velocidade e a posição dos dados. Portanto, esses sinais colaboram para o cálculo do índice de irregularidade, o IRI (BISCONSINI, 2016).

3.8 INTERVENÇÕES QUE VIABILIZAM O PAVIMENTO

3.8.1 Manutenção dos pavimentos

Para garantir a continuidade do tráfego nas rodovias, um processo constante de manutenção deve ser realizado visando a manutenção da vida útil dos pavimentos. Dentre os tipos principais de manutenção, duas delas se destacam, a manutenção preventiva e a corretiva.

Segundo Silva (2008), o pavimento sofre constantemente com o aparecimento de defeitos e, para resolvê-los, é viável que ações de manutenção sejam estabelecidas. Dessa forma, a manutenção preventiva baseia-se em algumas técnicas, como a selagem de trincas, processos de drenagem, que visam impedir o excesso de água nos pavimentos, e as camadas de

selamento. Ademais, as camadas de selamento abrangem a lama asfáltica, microrrevestimento a frio, o selamento com areia ou com emulsão e tratamentos superficiais. Diferentemente, a manutenção corretiva é um processo realizado de forma imediata sobre os defeitos patológicos, baseando-se na inserção de remendos, sejam eles superficiais ou profundos, tratamentos superficiais, entre outros.

Quadro 2 – Alternativas de Manutenção

Alternativas	Descrição
Capa Selante	É uma fina camada de tratamento superficial. A sua espessura é menor que 3,8 mm, geralmente. Usada para melhorar a textura de uma camada de revestimento e impermeabilizar.
Selo Asfáltico Impermeabilizante	Aplicação leve de emulsão asfáltica que é diluída em água e não apresenta agregado mineral. Usada para rejuvenescer o revestimento do pavimento e tem a função de selar trincas com pequenas aberturas.
Tratamentos Superficiais	São camadas formadas pela utilização de ligante e agregados. Geralmente, aplica-se o ligante e, depois, o agregado é lançado e compactado.
Lama Asfáltica	Consiste em uma mistura homogênea de emulsão asfáltica, agregados miúdos bem graduados e filler com adição de água.

Fonte: BERTOLLO, 1997. **Adaptação:** autor.

3.8.2 Conservação de Rodovias

De acordo com o DNIT (2006), a conservação é realizada com o intuito de preservar as propriedades do pavimento. Ela apresenta algumas divisões, tais como, a conservação corretiva rotineira, responsável por reparar o defeito de forma imediata na superfície do pavimento; a conservação preventiva periódica são ações constantes que possibilitam o não aparecimento de manifestações patológicas; por fim, a conservação emergencial, que consiste em propor soluções para restaurar o pavimento que já está degradado.

3.8.3 Recuperação de Pavimentos

Conforme o DNIT (2006), a recuperação do pavimento é um processo que visa reconstituir o pavimento. A recuperação do pavimento através da restauração consiste em medidas que visam alcançar a solução para o pavimento que já se encontra com o seu ciclo de vida próximo ao fim. A recuperação do pavimento através da reabilitação é um processo no qual o estado geral do pavimento já ultrapassou o ciclo de vida, sendo necessária a sua reconstrução, visto que, o pavimento apresenta defeitos patológicos inconversíveis.

3.8.4 Melhoramentos

São ações que objetivam tornar o pavimento existente em um pavimento novo, com características físicas e operacionais melhores, proporcionando um maior conforto e qualidade para os usuários, possibilitar um menor custo e uma maior durabilidade (DNIT, 2006).

3.8.5 Reabilitação

A reabilitação consiste em ações praticadas rotineiramente de caráter preventivo, com o intuito de estabelecer medidas para evitar maiores prejuízos ao pavimento. Dessa forma, o recapeamento estrutural, a fresagem, a reciclagem e a reconstrução são alternativas de reabilitação, logo, as atividades referentes a reabilitação são estudos prioritários, visto que, os recursos que estão disponíveis são, normalmente, inferiores às necessidades (BERTOLLO, 1997).

Quadro 3 – Alternativas de Reabilitação

Alternativas	Descrição
Fresagem	Consiste na retirada do pavimento antigo, tanto para a realização de reciclagem quanto para o reparo da superfície a ser recapeada
Reciclagem	É um método realizado para rejuvenescer misturas asfálticas que estão envelhecidas. Além de corrigir defeitos, tais como, pequenas corrugações, agregados polidos, exsudação.
Recapeamento Estrutural	Uma ou mais camadas asfálticas são construídas sobre o pavimento antigo. Além disso, as camadas podem ter a utilização ou não de uma camada de reperfilamento, seguida de uma ou mais camadas de asfalto.
Reconstrução	Solução usada quando o pavimento começa a deteriorar-se de forma rápida, devido principalmente à drenagem inadequada. Materiais reciclados podem ser usados para a redução de custos no processo de reconstrução.

Fonte: Bertollo, 1997. **Adaptação:** autor.

3.9 DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO

Segundo Bernucci *et al* (2008), é necessária uma avaliação funcional e estrutural do pavimento para analisar quais alternativas deverão ser utilizadas na restauração e manutenção dos pavimentos. Diante disso, a avaliação funcional é responsável por mensurar os defeitos e as irregularidades longitudinais presentes na superfície do pavimento e propor soluções para

amenizar ou sanar os problemas. Na avaliação estrutural, levantamentos não destrutivos são executados para prever se a estrutura suportará as cargas aplicadas sobre ela.

Além disso, para aplicar as alternativas de manutenção, foi necessário, além de um conhecimento técnico, aplicar os métodos de previsão de desempenho para os pavimentos. Portanto, o Programa de Restauração e Manutenção de Rodovias, documento pertencente ao Departamento de Estrutura de Transportes da Bahia (DERBA) foi adaptado por Oliveira (2018). O documento expressa as alternativas para a manutenção do pavimento asfáltico em CBUQ, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Soluções para a rodovia em CBUQ

CONDIÇÃO FUNCIONAL		IES				
		0	ATÉ 2	ATÉ 4	ATÉ 7	ATÉ 10
IGG ≤ 30		MR	MR	MR	MR	X
30 < IGG ≤ 80	IRI ≤ 3,5	MR	LA	H4	H6	X
	3,5 < IRI ≤ 4,5	H4	H4	H6	H7	X
	IRI > 4,5	H4	H4	REP + H6	REP + H7	REC
80 < IGG ≤ 160	IRI < 4,5	FS + H4	FS + H4	FS + H6	FS + H7	REC
	IRI > 4,5	FS + REP + H4	FS + REP + H4	FS + REP + H6	REC	REC
IGG > 160		REC	REC	REC	REC	REC

Fonte: DERBA, 2005. Adaptação: OLIVEIRA, 2018.

O Quadro 4 possui as alternativas para a manutenção do pavimento. Esses itens apresentam significados:

- LA - Lama asfáltica
- MI - Microrrevestimento asfáltico
- MR - Manutenção rotineira
- Hn - Execução de uma nova camada de CBUQ que apresenta espessura “n” com variação de 4 a 7cm.
- REP + Hn - Processo de Reperfilagem e execução de uma nova camada de CBUQ com espessura “n”, variando de 5 a 8cm.
- FS + Hn - Fresagem com espessura de 3cm/4cm e execução de uma nova camada de CBUQ com espessura “n” de 3 a 8cm.
- FS + REP + Hn - Fresagem com espessura de 3cm/4cm com Reperfilagem e execução de uma nova camada de CBUQ com espessura “n” de 3 a 8cm.
- REC – Processo de reconstrução do revestimento em CBUQ
- X – Solução especificada caso a caso.

4 METODOLOGIA

O procedimento realizado baseou-se em três métodos de estudo, o índice de gravidade global (IGG) e o índice de gravidade individual (IGI) que faz parte do IGG, o levantamento visual contínuo (LVC) e o índice de irregularidade internacional (IRI). A partir da caracterização da via com base nos métodos propostos, definiu-se as formas de manutenção para o pavimento.

4.1 TIPOS DE PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada como quali-quantitativa de caráter exploratória, isto é, será realizada, primordialmente, por meio de material bibliográfico encontrado em livros, artigos e consultas na internet. Em seguida, buscou-se observar os defeitos patológicos que existam no trecho asfáltico escolhido e estabelecer as alternativas de manutenção com base em métodos.

4.2 UNIVERSO DA PESQUISA

A pesquisa será realizada no município de Apodi, localizado no estado do Rio Grande do Norte. A população atual do município é estimada em 35.814, sendo uma cidade é bastante populosa ao ser comparada com alguns municípios do estado (IBGE, 2018). Ademais, a área territorial corresponde a 1.602,477 km², em que, a área da zona rural é maior do que a zona urbana.

Dessa forma, para o presente trabalho foi realizada uma inspeção das vias que cortam o município e, ao analisá-las foi possível estabelecer que o trecho rodoviário estadual RN-233 era o mais deteriorado da cidade. O trecho escolhido liga a zona urbana da cidade Apodi a sua zona rural. Ademais, o trecho realizado para o estudo possui 1km de pavimento asfáltico.

4.3 LEVANTAMENTO EM CAMPO

A obtenção dos defeitos patológicos sucedeu-se por meio de registros fotográficos, com o objetivo de analisar as principais irregularidades que acometem o revestimento asfáltico da região mencionada.

Além disso, é necessário calcular os métodos índice de gravidade global (IGG) e o índice de gravidade individual (IGI), o levantamento visual contínuo (LVC) e o índice de irregularidade internacional (IRI). Logo, os métodos citados serão explicados abaixo.

4.3.1 Índice de Gravidade Global – IGG

A avaliação objetiva da superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos utilizou o procedimento contido na norma do DNIT 006/2003. Empregou-se uma fita métrica de 50m, a qual é usada para demarcar as estações a cada 20m. Nas pistas simples, alternaram-se os 20m em relação ao eixo da pista de rolamento. Após a demarcação, totalizou-se uma área com extensão de 6m e uma largura igual à da faixa examinada, como a figura 2. Além do uso da fita métrica, os formulários contidos no Anexo II também foram usados. A Figura 3 mostra duas estações demarcadas no pavimento asfáltico.

Figura 3 – Estações 1 e 3 demarcadas no pavimento



Fonte: do autor

Após a demarcação das estações, procedeu-se a análise dos defeitos em cada trecho. Em relação as medidas das trilhas de rodas internas e externas, calcula-se a média aritmética da média das flechas das rodas internas e externas e a média aritmética da variância das flechas.

Ademais, não utilizou-se a treliça de alumínio para as medidas, conforme a norma do DNIT 006/2003, visto que o pavimento não apresenta afundamentos.

Por fim, calculou-se as frequências absoluta e relativa e um fator de ponderação para cada defeito atribuído, de acordo com o seu grau de serventia para o pavimento. Portanto, o índice de gravidade individual (IGI) foi obtido pelo produto da frequência relativa de cada defeito (da mesma forma, a média aritmética e variância das flechas) pelo fator de ponderação. Ademais, os valores de todos os IGI são somados e encontra-se o valor do índice de gravidade global, o IGG (DNIT, 2006). O Quadro 5 apresenta um exemplo para o cálculo do IGI e do IGG.

Quadro 5 – Exemplo de cálculo do IGI e do IGG

Tipo	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE	3	30%	0,2	6,00
2	(FCII) J, TB	2	20%	0,5	10,00
3	(FCIII) JE, TBE	3	30%	0,8	24,00
4	ALP, ATP	3	30%	0,9	27,00
5	O, P, E	0	0,0%	1,0	0,00
6	Ex	0	0,0%	0,5	0,00
7	D	5	50%	0,3	15,00
8	R	0	0,0%	0,6	0,00
9	$F = (TRI + TRE)/2$	$TRI = 0,2$	$TRE = 1,0$	$F = 0,6$	0,15
10	$FV = (TRIv + TREv)/2$	$TRIv = 0,18$	$TREv = 1,33$	$FV = 0,76$	0,76
Número de estações inventariadas		10	$IGI = (F \times 4/3)$ quando $F \leq 30$		$IGI = FV$ quando $FV \leq 50$
Índice de gravidade global		83	$IGI = 40$ quando $F > 30$		$IGI = 50$ quando $FV > 50$

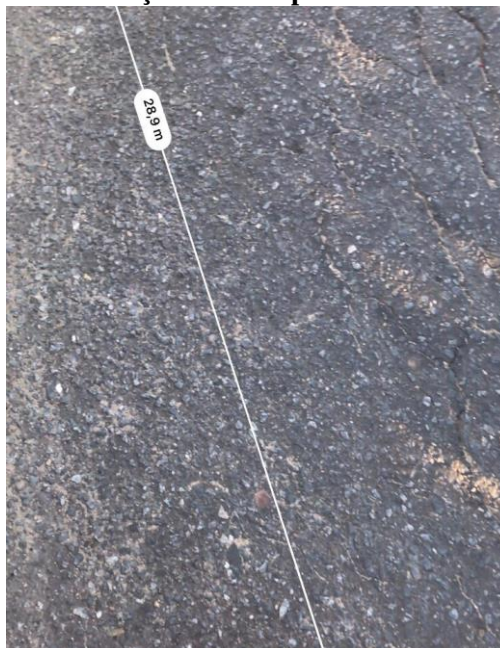
Fonte: BERNUCCI et al., (2008)

Para um trecho que apresenta mais de um tipo de defeito do tipo 1, 2 e 3 correspondentes as trincas, o defeito mais grave é o que será contabilizado. Em outras palavras, o defeito tipo 2 prevalece sobre o tipo 1 e o tipo 3 é predominante sobre os tipos 1 e 2. Ademais, contabiliza-se apenas um defeito quando uma estação apresentar dois defeitos do mesmo tipo. Portanto, no Quadro 5 tem-se cálculo do IGI e do IGG. Assim sendo, o conceito do pavimento é mostrado na Tabela 1 em relação ao valor do IGG.

4.3.2 Levantamento Visual Contínuo – LVC

A norma do DNIT 008/2003-PRO foi empregada para realizar o levantamento visual contínuo (LVC) e a obtenção do índice de estado da superfície (IES). Os dados foram registrados e catalogados visualmente pela equipe que realizou o trajeto a pé, com o auxílio de um aplicativo presente em um aparelho de celular. Com o auxílio do *software* mediu-se a ocorrência e o comprimento dos defeitos, como mostra a Figura 4. Dessa forma, com a quantidade de painéis por km e a extensão por km dos demais, obteve-se a frequência para os defeitos encontrados na rodovia. O Quadro 6 mostra a frequência dos defeitos por meio do levantamento visual contínuo realizado no pavimento asfáltico.

Figura 4 – Medição dos comprimentos dos defeitos



Fonte: do autor

Quadro 6 – Frequência dos defeitos

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

Fonte: DNIT, 2003.

Posteriormente, calculou-se o ICPF como sendo a média das notas dos avaliadores conforme o Quadro 7. Além disso, o cálculo do IGGE cumpriu-se por meio da quantidade de painéis por km e da porcentagem para a obtenção das gravidades dos defeitos e dos pesos, como mostra os Quadros 8 e 9, respectivamente.

Quadro 7 – Conceitos do ICPF

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “painelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT, 2003. Adaptação: autor.

Quadro 8 – Determinação do IGGE

Painéis (P) e Remendos (R)		
Frequência	Fator Fpr (Quant./km)	Gravidade
Alta	≥ 5	3
Média	2 – 5	2
Baixa	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas e deformações)		
Frequência	Fatores Ft e Foap (% por km)	Gravidade
Alta	≥ 50	3
Média	50 - 10	2
Baixa	≤ 10	1

Fonte: DNIT, 2003

Quadro 9 – Pesos do IGGE

Gravidade	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT, 2003

Portanto, com todas as informações colhidas do IGGE e do ICPF, o valor IES, o conceito e o código foram determinados conforme mostra o Quadro 10. Os valores do índice de estado da superfície variam de 0 a 10. Ademais, o IES será imprescindível para a escolha de alternativas de manutenção para o pavimento.

Quadro 10 – Valores do IES

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		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

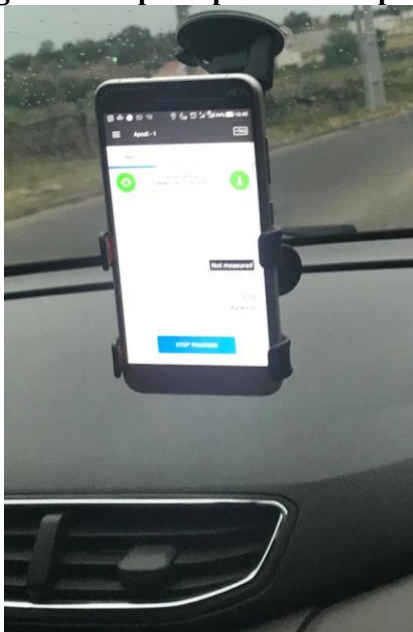
Fonte: DNIT, 2003.

4.3.3 Índice de Irregularidade Internacional – IRI

A coleta de dados foi realizada pelo aplicativo *RoadLab PRO*, que pode ser instalado em *Smartphones* com sistema operacional *Android*. Esse aplicativo captura dados fornecidos por GPS e pelo acelerômetro do próprio aparelho celular para gerar, indiretamente, as acelerações utilizadas no cálculo do índice. Optou-se pela escolha deste tipo de equipamento para obtenção do IRI pela falta de disponibilidade de equipamentos do tipo *Bump Integrator* (ou outros) na região de ensaio. A utilização de smartphones também foi baseada em informações obtidas na pesquisa de Bisconsini (2016) que, em seus resultados, mostrou que valores de IRI obtidos em três smartphones diferentes se mantiveram constantes.

O uso de um suporte no painel do veículo para fixar o smartphone foi imprescindível, visto que, o equipamento deveria se manter rígido para não ocasionar movimentos em excesso no aparelho celular. O aparelho deveria estar posicionado verticalmente para a maior precisão de dados. Além disso, testes foram realizados para verificar a veracidade do aplicativo instalado no smartphone.

Figura 5 – Suporte para o Smartphone



Fonte: do autor

A coleta dos resultados se procedeu em uma velocidade constante em torno de 40km/h e em curto espaço de tempo, com cuidado para evitar movimentações adicionais devido as painéis.

Logo em seguida, com o resultado da irregularidade longitudinal do pavimento obtido pelo aplicativo, comparou-se o valor obtido com o gráfico da Figura 6. O gráfico apresenta faixas referente ao IRI que são representadas por diversas formas e classificações de rodovias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS OBTIDOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO

5.1.1 Índice de Gravidade Global – IGG

O Quadro 11 apresenta o cálculo do IGG para o trecho referente a rodovia RN-233, localizada na cidade de Apodi-RN. O cálculo foi realizado mediante a frequência absoluta obtida do formulário contido no anexo II, a frequência relativa que consiste na porcentagem dos defeitos e o fator de ponderação que é prefixado por norma. Ademais, o índice de gravidade individual é obtido pelo produto entre a frequência relativa e o fator de ponderação. Por fim, o IGG é a soma de todos os IGI. A avaliação das estações conseguiu descrever os defeitos presentes no pavimento, visto que a rodovia apresenta-se desgastada em toda a sua extensão. A Figura 7 mostra a situação do pavimento com desgaste e algumas trincas. Estes defeitos necessitam de alternativas de manutenção para solucioná-los.

Figura 7- Defeitos encontrados no pavimento



Fonte: do autor

Figura 8 – Trecho analisado



Fonte: do autor

A Figura 8 tem-se o trecho relacionado a rodovia RN-233. A avaliação foi feita para analisar os defeitos encontrados nos pavimentos. Logo, foram perceptíveis defeitos como panelas, trincas longitudinais, desgaste e couro de jacaré. Esses defeitos apresentaram-se em quantidades consideráveis, o que gerou um valor de IGG com classificação regular.

Quadro 11 – Cálculo do IGG

Tipo	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE	5	12,5%	0,2	2,5
2	(FCII) J, TB	2	5%	0,5	2,5
3	(FCIII) JE, TBE	-	-	0,8	-
4	ALP, ATP	-	-	0,9	-
5	O, P, E	6	15%	1	15
6	Ex	-	-	0,5	-
7	D	39	97,5%	0,3	29,25
8	R	-	-	0,6	-
9	F = (TRI + TRE)/2 em mm	-	-	-	-
10	FV = (TRI _v + TRE _v)/2	-	-	-	-
Número de estações inventariadas		40	IGI = (F x 4/3) quando F≤30		IGI = FV quando FV≤50
Índice de gravidade global		50	IGI = 40 quando F>30		IGI = 50 quando FV>50
Qualidade do trecho		Regular			

Fonte: BERNUCCI, *et al.*, 2008. Adaptação: autor.

5.1.2 Levantamento Visual Contínuo – LVC

A Tabela 2 detalha os valores do ICPF, IGGE e a obtenção do IES. Esses valores foram gerados a partir da coleta de dados cumprida por dois avaliadores que percorreram o trajeto da rodovia a pé. Diante disso, realizou-se o levantamento visual contínuo.

Tabela 2 – Avaliação do LVC

Trecho	ICPF 1	ICPF 2	Média do ICPF	IGGE	IES	Código	Conceito
RN-233	3	3	3	22,08	3	C	Regular

Fonte: do autor

O valor médio do ICPF corresponde a 3. Ademais, o valor do IGGE é referente a quantidade de panelas e remendos e a porcentagem dos demais defeitos presentes no pavimento. O valor obtido do IGGE é 22,08 e revela que o pavimento não possui uma grande quantidade de defeitos. Logo, ao relaciona-lo com o valor do ICPF alcançou-se um IES esperado e um

conceito regular também adquirido no IGG. No entanto, algumas painelas foram catalogadas pelo método do LVC e não foram coletadas pelo IGG. Por fim, percebeu-se que mesmo não apresentando conceitos ruins e péssimos, o método propôs uma avaliação subjetiva e objetiva da superfície do pavimento asfáltico para solucionar os defeitos patológicos.

5.1.3 Índice de Irregularidade Internacional – IRI

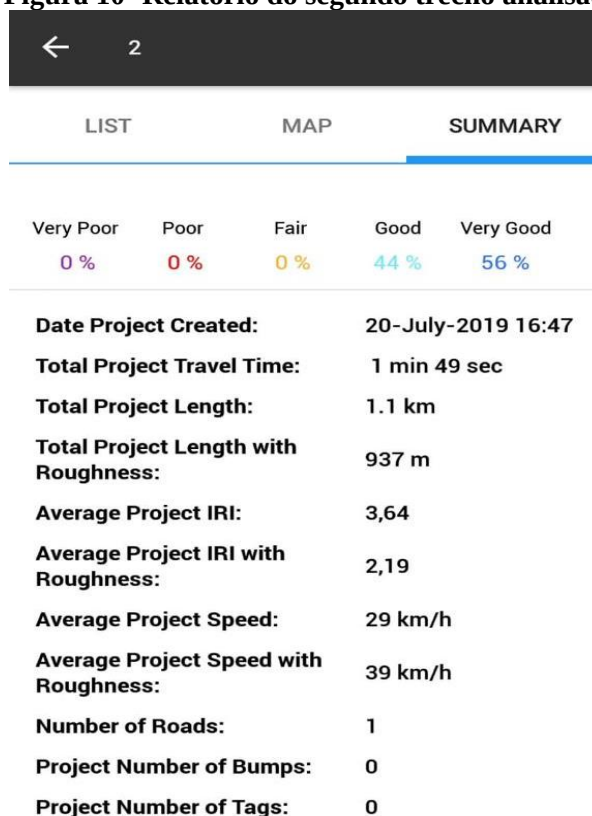
As Figuras 9 e 10 mostram o relatório obtido através do aplicativo presente no aparelho celular. Ademais, todas as informações a respeito do trajeto estão sendo exibidas. Vale ressaltar que procurou-se manter uma velocidade aproximada a 40 km/h devido ao tráfego de veículos e alta incidência de lombadas na rodovia.

Figura 9 – Relatório do primeiro trecho analisado

← Apodi				
LIST		MAP	SUMMARY	
Very Poor	Poor	Fair	Good	Very Good
0 %	0 %	25 %	25 %	50 %
Date Project Created:		20-July-2019 16:36		
Total Project Travel Time:		1 min 51 sec		
Total Project Length:		1.0 km		
Total Project Length with Roughness:		903 m		
Average Project IRI:		4,40		
Average Project IRI with Roughness:		2,60		
Average Project Speed:		25 km/h		
Average Project Speed with Roughness:		37 km/h		
Number of Roads:		1		
Project Number of Bumps:		1		
Project Number of Tags:		0		

Fonte: do autor

Figura 10- Relatório do segundo trecho analisado



Fonte: do autor

Diante dos valores coletados do trecho 1, referente a faixa da direita e o trecho 2, faixa da esquerda, o valor final do IRI é obtido através da média como mostra a Tabela 3. No geral, o trecho pavimentado possui um grau considerável de irregularidade, visto que o pavimento recebe solicitações mais frequentes devido ao tráfego de veículos, que apresenta lombadas, o que torna menos viável a coleta de dados pelo aplicativo, porque a velocidade deverá diminuir e não se manterá constante em determinados trechos do pavimento. Portanto, o valor do IRI de 4,02, referente a média dos valores alcançados em cada trecho analisado é comparado com o gráfico da Figura 6, nota-se que ele exibe uma mesma pontuação do que se espera para pavimentos danificados e pavimentos antigos.

Tabela 3 – Valores do IRI obtidos pelo aplicativo

Trecho	IRI 1	IRI 2	Valor médio
RN-233	4,40	3,64	4,02

Fonte: do autor.

5.2 ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO

Logo após a obtenção dos valores do IGG, IRI e IES obteve-se a solução para os defeitos patológicos encontrados na rodovia RN-233 de acordo com o Quadro 4. A alternativa que se enquadra para os dados coletados é expressa na Tabela 4.

Tabela 4 – Alternativa de manutenção

Trecho	IGG	IRI	IES	Solução
RN-233	50	4,02	3	H6

Fonte: do autor.

O trecho analisado possui como solução a execução de uma nova camada de CBUQ com espessura de 6 centímetros (H6). O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é um tipo de revestimento asfálticos muito utilizado nas rodovias brasileiras, sendo responsável por sanar alguns defeitos patológicos que acometem as vias. Além disso, o CBUQ deve ser transportado diretamente da usina para o seu uso, ou seja, a sua aplicação deve ser realizada de forma rápida e eficaz. Portanto, a inserção da nova camada de CBUQ é uma boa solução, uma vez que, a superfície do pavimento já se encontra com aspecto áspero e bastante desgastada. Diante disso, o revestimento antigo não necessita ser retirado, logo, é necessário a implantação da nova camada, no entanto, uma espessura de 5 centímetros poderá satisfazer o processo de manutenção da via, porque, a rodovia é localizada dentro da cidade e não recebe tanta solicitação quando comparado com rodovias maiores e com tráfegos mais intensos.

6 CONCLUSÃO

A etapa inicial da pesquisa deu-se por meio dos métodos prescritos pelo DNIT. Os métodos do IGG, LVC para a obtenção do IES e o IRI foram realizados a fim de solucionar os defeitos patológicos e escolher uma alternativa adequada para a manutenção do pavimento. A avaliação do pavimento foi eficaz e os resultados foram satisfatórios, visto que, os valores encontrados coincidiriam com a realidade da via.

Além disso, o estudo da rodovia contou com o uso de aplicativos nos aparelhos celulares, como o *RoadLab Pro* e o medidor que foram fundamentais para a coleta de dados de forma rápida. Os aplicativos obtiveram os dados de irregularidade e as extensões dos defeitos, respectivamente.

Com a utilização dos métodos, uma solução foi gerada para os problemas encontrados na rodovia RN-233, trecho localizado na cidade de Apodi- RN. A nova camada de CBUQ é uma alternativa viável e possibilitará condições favoráveis para o tráfego dos veículos e para os indivíduos.

A partir do exposto, nota-se que é necessário todo um estudo a respeito da condição do pavimento ao longo dos anos, desde avaliações estruturais, superficiais e critérios ligados diretamente na execução das rodovias. Essas informações possibilitam uma melhor resolução dos problemas. Ademais, a inserção de aplicativos que visem monitorar ou melhorar as condições de tráfego das vias poderão ser soluções viáveis futuramente. Portanto, é necessário que investimentos por parte dos órgãos governamentais sejam mais frequentes como forma de possibilitar uma vida útil maior aos pavimentos do país.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1ª Ed. – Rio de Janeiro: Petrobrás ADEBA, 2008.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. s.n. 1997. (s.n.).

BISCONSINI, D. R. **Avaliação da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos com Dados Coletados por Smartphones**. Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, p. 208. 2016. (s.n.).

CAMPOS, A. C. R. **MÉTODOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: APLICAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AJUSTE**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 273. 2004. (s.n.).

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** 2017. 160p. Brasília: CNT, 2017. Disponível em http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_nao_duram.pdf>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT: Pavimentos flexíveis – Pintura de ligação - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2009. 7 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT: Pavimentos flexíveis – Imprimação - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2009. 7 p.

DERBA. Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia. **PROGRAMA DE RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO DE RODOVIAS**. Bahia, 2005. 86 p.

DNIT, **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT. **DNIT 006/2003 - PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, RJ, p. 10. 2003. (s.n.).

DNIT. **DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e pavimentos semi-rígidos - Procedimento.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, p. 11. 2003. (s.n.).

IBGE. Censo Demográfico - 2018. **IBGE**, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/panorama>>. Acesso em: 02 jul 2019.

OLIVEIRA, Felipe Augusto Dantas de. **Desenvolvimento de um plano de manutenção e reabilitação das vias da cidade de Caraúbas/RN.** 2018. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Multidisciplinar de Caraúbas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2018.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis.** 2. ed. Rio de Janeiro: Copiadora e Artes Gráficas Ltda, 2002. 269 p.

RIBEIRO, Antonio Júnior Alves; BEZERRA, Francisco Regian Diniz; PINHEIRO NETO, José Ciro. **Metodologia Prática de Avaliação de Patologias no Pavimento Asfáltico em Avenida de Fortaleza/CE. Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 11, n. 6, p.91-99, 29 dez. 2017. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v11i6.904>.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** 2. ed. São Paulo: Pini Ltda, 2008. 128 p.

SOUSA, Renan Javian Neco de. **O pavimento de concreto nas cidades.** Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

Anexo I – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos (terminologia)

Quadro 12 – Classificação e codificação dos 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

Fonte: DNIT, 2003

Quadro 12 – Codificação e classificação dos defeitos

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
“Painelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo superficial		RS
		Remendo profundo		RP

Fonte: DNIT, 2003.

Anexo II – Planilha de ocorrência de defeitos do método do IGG

Nome da Rodovia:			Trecho:					Operador:				
			Subtrecho:					Revestimento tipo:				
(Data)	Folha: (ex: 1/10)		Estaca inicial:					Estaca final:				
Estação			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Faixa			D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Tipo	OK	Sem defeito										
1	F1	Fissuras										
(FCI)	TTC	Trincas transversais curtas										
	TTL	Trincas transversais longas										
	TLC	Trincas longitudinais curtas										
	TLL	Trincas longitudinais longas										
	TRR	Trincas isoladas retração										
2	J	Couro de jacaré										
(FCII)	TB	Trincas em bloco										
3	JE	Couro de jacaré com erosão										
(FCIII)	TBE	Trincas em bloco com erosão										
4	ALP	Afundamento plástico local										
	ATL	Afundamento plástico trilha										
5	O	Ondulação										
	P	Panela										
6	EX	Exsudação										
7	D	Desgaste										
8	R	Remendo										
	ALC	Afundamento consolidação local										
	ATC	Afundamento consolidação trilha										
	E	Escorregamento										
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)										
	TER	Afundamento trilha externa (mm)										

Fonte: Bernucci *et al.*, 2003. Adaptação: Oliveira (2018)

Anexo III – Planilha para Levantamento Visual Contínuo

Nome da Rodovia:				Trecho:				Operador:												
				Subtrecho:				Revestimento tipo:												
(Data)		Folha: (ex: 1/10)		Estaca inicial:				Estaca final:												
SEGMENTO			FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, S)							ICPF	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES					
Nº SEG- MENTO	ODÔME- TRO/KM		EXTEN- SÃO	P	TRINCAS			R	DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REV			ESP	IDADE		
	INÍ- CIO	FIM			TR	TJ	TB		AF		O	D	EX					E	ORIG	REST

Fonte: DNIT, 2003.

Anexo IV – Planilha para cálculo do IGGE

[illegible]

Fonte: DNIT, 2003.

