



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

AUGUSTO CÉSAR CHAVES CAVALCANTE

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE
PAVIMENTO: ESTUDO DE CASO EM TRECHO DA RN-177**

PAU DOS FERROS-RN

2017

AUGUSTO CÉSAR CHAVES CAVALCANTE

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE
PAVIMENTO: ESTUDO DE CASO EM TRECHO DA RN-177**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Câmpus Pau dos Ferros, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: José Daniel Jales Silva, Prof. Me. – UFERSA.

PAU DOS FERROS-RN

2017

© 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.

C376a CAVALCANTE, AUGUSTO CÉSAR CHAVES .
APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO
SUPERFICIAL DE PAVIMENTO: ESTUDO DE CASO EM
TRECHO DA RN-177 / AUGUSTO CÉSAR CHAVES
CAVALCANTE. - 2017.
48 f. : il.

Orientador: JOSÉ DANIEL JALES SILVA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2017.

1. PAVIMENTOS FLEXÍVEIS. 2. DEFEITOS. 3.
ÍNDICE DE CONDIÇÃO. 4. CARACTERIZAÇÃO. 5.
GERÊNCIA DE PAVIMENTOS. I. SILVA, JOSÉ DANIEL
JALES, 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.

AUGUSTO CÉSAR CHAVES CAVALCANTE

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE
PAVIMENTO: ESTUDO DE CASO EM TRECHO DA RN-177**

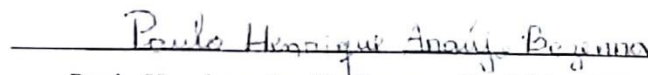
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Câmpus Pau dos Ferros, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 23 / 10 / 2017

BANCA EXAMINADORA



José Daniel Jales Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente



Paulo Henrique Araújo Bezerra, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador



Alisson Gadelha de Medeiros, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo afeto e apoio que me concedem durante essa vida.

Agradeço aos meus irmãos pela confiança e incentivo nessa luta.

Agradeço a toda minha família por estarem ao meu lado nos momentos de dores.

Agradeço aos meus amigos pela cumplicidade e parceria.

Agradeço ao meu coordenador do projeto de extensão por todas as oportunidades que me foram concedidas.

Agradeço aos meus tutores da empresa júnior pela confiança.

Agradeço aos meus professores por toda contribuição na minha formação.

Agradeço aos servidores da universidade pelo carinho que tens por mim.

Agradeço pela oportunidade de estar vivo e com saúde.

E Agradeço a todas as adversidades da vida, não fosse por elas, eu não teria concluído nenhuma atividade que me propusera a fazer.

*“Há duas coisas na vida que se você guardar você perde.
Conhecimento e Afeto. Se você os guarda eles vão embora.
A única maneira de ter conhecimento e afeto é reparti-los.”*

Mario Sergio Cortella

RESUMO

Este trabalho traz uma discussão teórica e empírica a cerca da Gerência de Pavimentos, por meio de análise da metodologia de avaliação da condição de pavimentos asfálticos flexíveis, abordando os inúmeros tipos de defeitos que neles podem surgir, indicando também a sua extensão e o seu nível de severidade. O objetivo principal do estudo foi caracterizar as condições de trafegabilidade de um trecho da RN-177, identificando-se os defeitos existentes, através da obtenção do Índice de Condição do Pavimento-ICP, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos-USACE. A metodologia utilizada baseou-se em métodos de levantamento de campo, extraídos do manual da SHRP para a identificação dos defeitos, e nas análises quantitativas baseadas na metodologia da USACE. Constataram-se a ocorrência de defeitos na extensão das seções do trecho analisado, referentes a panelas, trincas longitudinais, remendos, desgaste, exsudação, deformação permanente em trilha de roda e desnível entre pista e acostamento. Os resultados permitiram o cálculo do ICP, verificando que o pavimento necessita de ações manutensivas na pista de rolamento. Portanto, conclui-se que a metodologia aplicada mostrou-se de fácil utilização na identificação das condições dos pavimentos, representando o que foi averiguado em campo. Por fim, evidencia-se a necessidade da implantação da gerência dos pavimentos por parte dos órgãos públicos responsáveis, contribuindo para minimização dos transtornos do tráfego e dos recursos desperdiçados em ações paliativas nas vias.

Palavras-chave: Pavimentos Flexíveis. Defeitos. Índice de Condição. Caracterização. Gerência de Pavimentos.

ABSTRACT

This work presents a theoretical and empirical discussion about Pavement Management, analyzing the evaluation methodology of the condition of flexible asphalt pavements, showing the numerous types of defects that may arise in them, also indicating their extent and their level of severity. The main objective of the study was to characterize the traffic conditions of a extent of the RN-177, identifying the existing defects, through obtaining the Pavement Condition Index - PCI, developed by the United States Army Corps of Engineers – USACE. The methodology used was based on field survey methods, extracted from the SHRP manual for defect identification, and on quantitative analyzes based on the USACE methodology. It was verified the occurrence of defects in the extension of the sections of the analyzed section, referring to potholes, longitudinal cracks, patches, wear, exudation, permanent deformation in wheel track and slope between road and roadway. The results allowed the calculation of the PCI, verifying that the pavement needs maintenance actions on the runway. Therefore, it is concluded that the applied methodology proved to be easy to use in the identification of pavement conditions, representing what was verified in the field. Finally, it is evident the need of the implementation of the management of pavements by the responsible public organs, contributing to minimize the traffic disturbances and wasted resources in palliative actions on the roads.

Keywords: Flexible Pavements. Defects. Index Condition. Characterization. Pavement Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Seção transversal de pavimentos flexíveis.....	19
Figura 02 – Seção transversal de pavimentos rígidos.....	20
Figura 03 – Ex. 1 trinca tipo couro de jacaré.....	22
Figura 04 – Ex. 2 trinca tipo couro de jacaré.	22
Figura 05 – Ex. 1 trinca tipo bloco.....	22
Figura 06 – Ex. 2 trinca tipo bloco.....	22
Figura 07 – Trinca nos bordos.....	23
Figura 08 – Ex. 1 trinca longitudinal.....	24
Figura 09 – Ex. 2 trinca longitudinal.....	24
Figura 10 – Ex. 1 trinca de reflexão.....	24
Figura 11 – Ex. 2 trinca de reflexão.....	24
Figura 12 – Trinca transversal.....	25
Figura 13 – Trinca de retração.....	25
Figura 14 – Ex. 1 remendo.....	26
Figura 15 – Ex. 2 remendo superficial.....	26
Figura 16 – Ex. 1 panela.....	26
Figura 17 – Ex. 2 panela.....	26
Figura 18 – Ex. 1 afundamento permanente.....	27
Figura 19 – Ex. 2 afundamento permanente.....	27
Figura 20 – Ex. 1 escorregamento.....	27
Figura 21 – Ex. 2 escorregamento.....	27
Figura 22 – Ex. 1 corrugação.....	28
Figura 23 – Ex. 2 corrugação.....	28
Figura 24 – Ex. 1 exsudação.....	28
Figura 25 – Ex. 2 exsudação.....	28
Figura 26 – Ex. 1 agregados polidos.....	29
Figura 27 – Ex. 2 agregados polidos.....	29
Figura 28 – Ex. 1 desgaste no pavimento.....	29
Figura 29 – Ex. 2 desgaste no pavimento.....	29
Figura 30 – Desnível entre pavimento e acostamento.....	30

Figura 31 – Ex. 1 bombeamento em pavimento.....	30
Figura 32 – Ex. 2 bombeamento em pavimento.....	30
Figura 33 – Fatores de Ponderação sugeridos por URMS (1993), Kherd & El Dimeery (1994) e Bertollo (1997).....	32
Figura 34 – Intervalo de ICP para intervenção.....	33
Figura 35 – Imagem de satélite do Google Earth apresentando trecho analisado.....	34
Figura 36 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	35
Figura 37 – Imagem de satélite do Google Earth com demonstração das seções.....	35
Figura 38 – Detalhe das seções.....	36
Figura 39 – Ábaco para obter o espaçamento i.....	37
Figura 40 – Principais defeitos observados.....	40
Figura 41 – Defeitos observados.....	41
Figura 42 – Desnível entre pista e acostamento.....	41
Figura 43 – Painelas no rolamento da Seção 16.....	45
Figura 44 – Deformação permanente na seção 16.....	45
Figura 45 – Seções que necessitam de manutenção.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Percentual dos defeitos constatados.....	40
Gráfico 02 – ICP de cada seção.....	45
Gráfico 03 – ICP X ICPI.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Seções analisadas.....	38
Tabela 02 – Defeitos observados nas seções analisadas.....	39
Tabela 03 – Seção 1.....	42
Tabela 04 – Seção 6.....	42
Tabela 05 – Seção 11.....	42
Tabela 06 – Seção 16.....	42
Tabela 07 – Seção 21.....	43
Tabela 08 – Seção 26.....	43
Tabela 09 – Seção 31.....	43
Tabela 10 – Seção 36.....	43
Tabela 11 – Seção 41.....	43
Tabela 12 – Seção 46.....	43
Tabela 13 – Seção 51.....	43
Tabela 14 – Seção 56.....	44
Tabela 15 – Seção 61.....	44
Tabela 16 – Seção 66.....	44
Tabela 17 – Seção 71.....	44
Tabela 18 – Seção 76.....	44
Tabela 19 – Seção 81.....	44
Tabela 20 – Seção 85.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agregados Polidos
BO	Bombeamento
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
CO	Corrugação
DA	Desnível entre pista e Acostamento
DB	Trinca nos Bordos
DE	Desgaste
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DP	Deformação Permanente
EUA	Estados Unidos da América
EX	Exsudação
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP	Índice de Condição do Pavimento
PA	Panela
RE	Remendo
RN	Rio Grande do Norte
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SHRP	<i>Strategic Highway Research Program</i>
TB	Trinca em Bloco
TER	Terminologia
TF	Trinca por Fadiga
TL	Trinca Longitudinal
TR	Trinca depor Reflexão
TT	Trinca Transversal
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
URMS	<i>Urban Roadway Management System</i>
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL	17
2.2 ESPECÍFICOS	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 PAVIMENTO	18
3.1.1 Classificação	18
3.2 DEFEITOS DOS PAVIMENTOS	20
3.2.1 Fenda	21
3.2.2 Remendo - RE	26
3.2.3 Panela ou Buraco - PA.....	26
3.2.4 Afundamento - DP	27
3.2.5 Corrugação ou escorregamento - CO.....	27
3.2.6 Exsudação - EX	28
3.2.7 Agregados polidos - AP.....	29
3.2.8 Desgaste - DE.....	29
3.2.9 Desnível entre pista e acostamento - DA.....	30
3.2.10 Bombeamento - BO.....	30
3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS	31
3.3.1 Índice de Condição do Pavimento – ICP.....	31
4 METODOLOGIA.....	34
5 AVALIAÇÃO DO TRECHO DA RN-177.....	39
5.1 CÁLCULO E ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO – ICP	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A malha rodoviária brasileira tem fundamental importância nas atividades econômicas do país e na locomoção das pessoas. Dados da pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes – CNT (2017) revelaram que a qualidade e o crescimento da malha rodoviária não acompanharam a demanda de infraestrutura para o escoamento da produção nem o deslocamento de pessoas. Outro dado mais agravante ao sistema surge com base nos trechos avaliados, onde 48,3% apresentaram problemas no pavimento.

Em ciência disso, todo município tem a responsabilidade de conservar e manter o patrimônio público. Portanto, torna-se dever municipal zelar pelos pavimentos. Porém, comumente observa-se em grande parte dos municípios uma pavimentação deficiente, à vista disso, os defeitos são solucionados em situação emergencial. Contudo, não é engenhoso resolver o problema após sua intensificação, nesse estágio, os recursos movimentados para recuperação são alavancados, as soluções de engenharia são paliativas, não oferecem perspectivas aceitáveis de qualidade. Possibilitando futuros novos problemas no pavimento, gerando transtornos de caráter financeiro e de saúde pública, refletidos no desgaste dos automóveis, revisão, troca de peças e acidentes de trânsito.

Os pavimentos são sujeitos a problemas na fase de execução, solicitações imprevistas e intempéries, como as chuvas, considerando a inexistência ou ineficiência de sistemas de drenagem, acelerando ainda mais o processo de degradação da estrutura. Para tanto, são necessários procedimentos que indiquem a situação funcional e o período de vida restante para o funcionamento adequado do pavimento, para assim, utilizar-se dos preceitos de manutenção periódica e preventiva.

O sistema de transportes brasileiro depende significativamente de melhores condições nas rodovias, tornando-se imprescindível a implantação de instrumentos que gerenciem as condições dos pavimentos e que auxiliem os gestores na tomada de decisões e destinação dos recursos financeiros.

Neste âmbito, Zanchetta (2005) afirma que no Brasil, com a escassez dos recursos e a arrecadação inferior às necessidades, é inadmissível que se desperdice dinheiro e, nesse sentido, a alternativa viável para o país são os Sistemas de Gerência de Pavimentos – SGP, o que garantiria boas condições de trafegabilidade para as vias públicas e a otimização dos recursos. Corroborando com o exposto, Prestes (2001) atesta que, intervenções planejadas oferecem melhores perspectivas para manter a rede viária com qualidade e níveis aceitáveis.

Neste contexto, esse estudo traz uma análise a cerca da avaliação de pavimentos flexíveis em situações de serviços, tendo como objeto de estudo um trecho da RN-177 que interliga o bairro Alto São Geraldo e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA em Pau dos Ferros-RN, utilizando-se da metodologia de avaliação superficial de pavimentos encontrada no manual de defeitos em pavimentos elaborado pelo programa Strategic Highway Research Program-SHRP. Bem como, os classificando de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER e evidenciando-se quantitativo, extensão e severidade dos defeitos encontrados.

A rodovia tem mostrado potencial aumento de fluxo veicular nos últimos anos. Todavia, ela sempre teve papel fundamental na locomoção das pessoas para o município de Francisco Dantas-RN e para a vila do perímetro irrigado. , recentemente, o tráfego tem sido intensificado, aumentando assim as solicitações no pavimento devido o trânsito dos veículos pesados que transportam os universitários para a dependência do câmpus da UFERSA, tornando-se a principal via de acesso.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Identificar os defeitos por meio do manual do SHRP e avaliar o pavimento de um trecho da RN-177 no município de Pau dos Ferros-RN por meio do Índice de Condição do Pavimento – ICP, levando-se em consideração suas condições de trafegabilidade.

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Fazer uma identificação dos defeitos do tipo funcional no trecho da RN-177 que interliga o bairro Alto São Geraldo com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- ✓ Calcular o Índice de Condição do Pavimento - ICP para o trecho analisado;
- ✓ Fazer uma caracterização das condições reais do pavimento analisado;
- ✓ Sugerir através de apresentação das seções críticas a priorização das atuações de manutenção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PAVIMENTO

De acordo com o Glossário de termos técnicos rodoviários do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DNIT (2017), “o pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito”.

Corroborando, Bernucci *et. al.* (2008) define que os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas com espessuras finitas, executadas após a superfície de terraplenagem, com responsabilidade de resistir às solicitações advindas do tráfego de veículos e suportar a degradação causada pelas intempéries. Como também, propiciar aos usuários boas condições de mobilidade, conforto, segurança e economia.

Dentro dessas análises, entendem-se os pavimentos por definições muito abrangentes, pelo fato de haver uma gama de camadas que compõem o pavimento, acarretando-se em difíceis interpretações do conceito. Entretanto, um pavimento não deve ser entendido apenas como um elemento físico com funções estruturais tem-se também o seu entendimento funcional, baseado na sua atividade fim, de modo a resguardar o bem estar dos usuários.

Diante disso, é importante entender que obviamente os pavimentos diferem-se em processos, técnicas, insumos empregados, funções e finalidades, evidenciando-se assim sua grande diversidade tipológica. Assim sendo, ordenados a partir de conformidades relacionadas principalmente ao seu comportamento estrutural.

3.1.1 Classificação

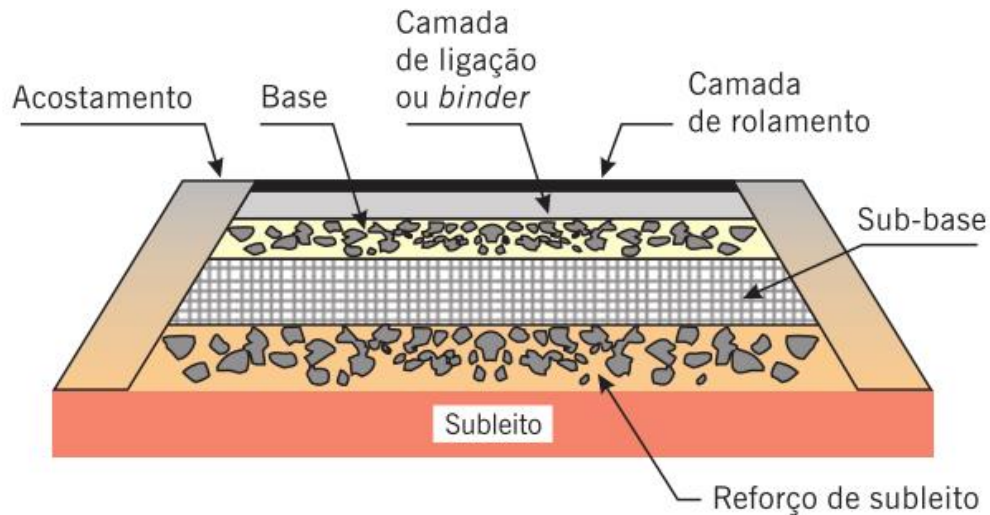
Os pavimentos são normalmente classificados de acordo com a sua camada mais externa, a camada de revestimento. Quanto à sua classificação, são fatores preponderantes: forma de transmissão das cargas, propriedades das camadas que o compõe e o tipo de revestimento utilizado. Podendo ser classificados de acordo com Bernucci *et. al.* em flexíveis e rígidos.

3.1.1.1 Pavimento flexível

Os pavimentos flexíveis diferenciam-se pela camada de revestimento, sendo executada com material betuminoso denominado de cimento asfáltico de petróleo, apresentando como característica básica a distribuição das cargas em menor área, alcançando maiores

profundidades e necessitando de um número maior de camadas, são elas: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, Figura 01.

Figura 01 – Seção transversal de pavimentos flexíveis.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

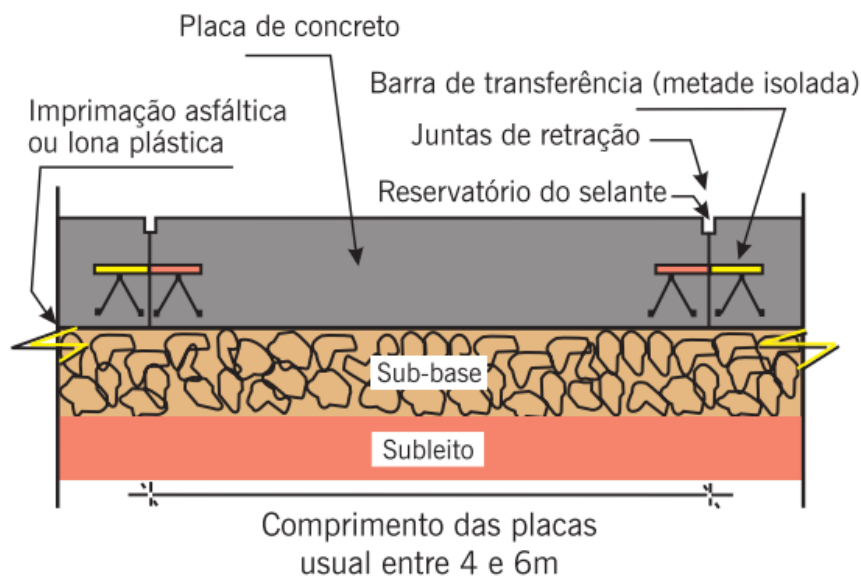
Define-se as camadas de acordo com o Glossário de termos técnicos rodoviários do DNIT (2017):

- Subleito é o maciço teoricamente semi-infinito que serve de fundação para um pavimento.
- Reforço do subleito é a camada do pavimento executada com o objetivo de reduzir espessura da sub-base, por motivos técnicos ou econômicos.
- Sub-base é a camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base.
- Base é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Pode ser composta por: brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado, concreto asfáltico ou de cimento Portland. Substrato construído de material inorgânico não metálico, sobre o qual o revestimento é aplicado.
- Revestimento é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação dos veículos e destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

3.1.1.2 Pavimento rígido

Os pavimentos rígidos são denominados também de concreto de cimento Portland, devido sua utilização na camada de contato, podendo ser armados ou não. Esse tipo de pavimento necessita de menor número de camadas, pelo fato de sua distribuição de carga se dar em uma área maior no próprio revestimento, são elas: subleito, sub-base e revestimento, Figura 02.

Figura 02 – Seção transversal de pavimentos rígidos.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2 DEFEITOS DOS PAVIMENTOS

Todo pavimento é dimensionado determinando-se uma vida útil, ou horizonte de projeto, entendendo-se sendo o tempo de funcionamento eficiente do sistema, sem gerar problemas para os usuários. Mas para isso, leva-se em consideração a premissa da manutenção preventiva do pavimento, objetivando falhas menores.

Essas manifestações patológicas surgem basicamente devido problemas estruturais e/ou problemas funcionais. O fato da diferenciação facilita a compreensão das problemáticas que ocorrerão no decorrer do tempo de utilização tornando-se bastante importante em balizar as providências a serem tomadas a curto, médio e longo prazo.

Porém, embora sejam previstos fatores deteriorantes, os pavimentos estão sujeitos a ações que não podem ser previstas em projeto e, por conseguinte, ocasionarem defeitos nas rodovias.

Contudo, a norma 005/2003 – TER do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT define a nomenclatura dos defeitos nos pavimentos flexíveis enfatizando a padronização da linguagem para adoção em documentos técnicos.

Considerando também os tipos de defeitos e níveis de severidade estabelecidos no manual de identificação de defeitos elaborado pelo Programa Estratégico de Pesquisa Rodoviária (Strategic Highway Research Program) – SHRP, que foi desenvolvido nos EUA em 1987 e tido como o maior e mais abrangente teste de desempenho dos pavimentos na história, sendo criado com um planejamento de 5 anos, no entanto, exigiu mais 15 anos de pesquisa e contava com a contribuição de outros 15 países, que juntos somaram mais de mil seções de testes atribuindo a pesquisa informações das condições dos pavimentos, clima e volume de tráfego e cargas. A seguir relacionaram-se as definições encontradas nos dois materiais citados:

3.2.1 Fenda

São qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, diferenciando-se uma das outras pelas dimensões de suas aberturas. Por exemplo, são fissuras quando a abertura é perceptível a olho nu à distância inferior a 1,5 metros, são trincas quando a abertura é visível à distância superior a 1,5 metros. Apresentando-se sob as formas de trinca transversal, trinca longitudinal, trinca de retração e trinca interligada do tipo couro de jacaré ou do tipo bloco.

3.2.1.1 Trinca por Fadiga - TF

São um conjunto de trincas interligadas que se apresentam sem direções preferenciais, com aparência semelhante ao couro de jacaré, com espaçamento inferior a 0,3m, Figura 03 e 04. Sua severidade pode ser:

- Baixa: pequena quantidade de trincas, desconectadas ou levemente conectadas, sem bombeamentos e sem erosão nos bordos.
- Moderada: relevante quantidade de trincas e conexões, formando um padrão definido, podendo haver desgaste, selamento e erosão nos bordos, mas sem bombeamentos.
- Alta: padrão de trincas bem definido, existindo selamento, desgaste significativo, erosões acentuadas nos bordos, bombeamento e desfragmentação do pavimento com ação do tráfego.

Figura 03 – Ex. 1 trinca tipo couro de jacaré.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 04 – Ex. 2 trinca tipo couro de jacaré.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.1.2 Trinca em bloco - TB

São trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, aparentemente criando retângulos conectados com área variando entre 0,1 a 10 metros quadrados, Figuras 05 e 06. Classifica-se sua severidade em:

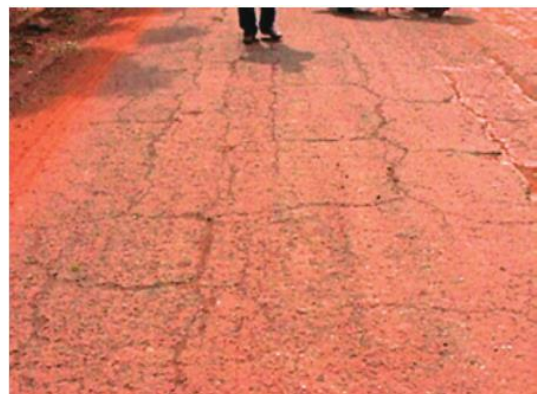
- Baixa: trincas de até 6 milímetros de dimensão ou trincas seladas e com dimensões indefinidas.
- Moderada: trincas de dimensões entre 6 e 19 milímetros ou trincas de dimensões menores que somadas expressam número significativo.
- Alta: trincas com dimensões acima de 19 milímetros ou trincas de dimensões menores que somadas expressam número significativo.

Figura 05 – Ex. 1 trinca tipo bloco.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 06 – Ex. 2 trinca tipo bloco.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.1.3 Trinca nos bordos - DB

São trincas que surgem na extremidade lateral do pavimento, na faixa de 0,60 metros do limite do acostamento, em tamanhos irregulares e crescentes ou regulares, Figura 07. A severidade pode ser:

- Baixa: sem ruptura ou perda de material.
- Moderada: trincas com algumas rupturas e perda de material em até 10% do comprimento do pavimento afetado.
- Alta: trincas com ruptura e perda de material considerável em mais de 10% do comprimento do pavimento afetado.

Figura 07 – Trinca nos bordos.



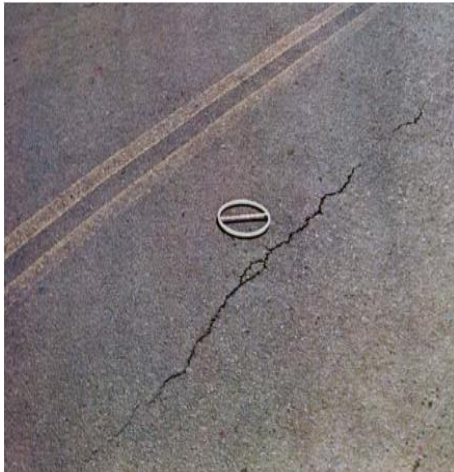
Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

3.2.1.4 Trinca longitudinal - TL

São trincas paralelas ao eixo da rodovia, localizadas correntemente dentro ou fora das trilhas de rodas, Figuras 08 e 09. Podendo encontrar-se em estágios de severidade:

- Baixa: dimensão de até 6 milímetros ou seladas e com dimensões indefinidas.
- Moderada: dimensão de até 19 milímetros (ou menos de 19 milímetros somadas a um significativo número de trincas com baixa severidade).
- Alta: dimensões acima de 19 milímetros ou (número significativo de trincas moderada a alta severidade com menos de 19 milímetros).

Figura 08 – Ex. 1 trinca longitudinal.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 09 – Ex. 2 trinca longitudinal.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.1.5 Trinca por reflexão em juntas - TR

São trincas que surgem devido descontinuidades nas camadas inferiores, que se propagam através do revestimento asfáltico, Figuras 10 e 11. A severidade deste defeito pode ser:

- Baixa: dimensão de até 6 milímetros ou seladas e com dimensões indefinidas.
- Moderada: dimensão entre 6 e 19 milímetros (ou menos de 19 milímetros somadas a um significativo número de trincas com baixa severidade).
- Alta: dimensões acima de 19 milímetros ou (número significativo de trincas moderada a alta severidade com menos de 19 milímetros).

Figura 10 – Ex. 1 trinca de reflexão.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

Figura 11 – Ex. 2 trinca de reflexão.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.1.6 Trinca transversal - TT

São trincas de posicionamento conhecido, aparecendo-lhe perpendiculares ao eixo da via, Figura 12. Sendo caracterizada de acordo com a severidade em:

- Baixa: dimensão de até 6 milímetros ou seladas e com dimensões indefinidas.
- Moderada: dimensão de até 19 milímetros (ou menos de 19 milímetros somadas a um significativo número de trincas com baixa severidade).
- Alta: dimensões acima de 19 milímetros ou (número significativo de trincas moderada a alta severidade com menos de 19 milímetros).

Figura 12 – Trinca transversal.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

3.2.1.7 Trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado, Figura 13.

Figura 13 – Trinca de retração.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.2 Remendo - RE

Apresenta-se como uma parcela do pavimento superficial preenchido com área maior que 0,1 metro quadrado, aplicado sobre a construção original da via, podendo ser remendo profundo ou superficial, Figuras 14 e 15. Classificados quanto a severidade em:

- Baixa: dimensão de até 6 milímetros, pouco afetando o tráfego.
- Moderada: dimensão entre 6 e 12 milímetros, afetando moderadamente o tráfego.
- Alta: dimensões superiores a 12 milímetros e com bombeamento ocasional e grave interferência na qualidade do tráfego.

Figura 14 – Ex. 1 remendo.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

Figura 15 – Ex. 2 remendo superficial.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.3 Panela ou Buraco - PA

É uma cavidade resultante de desintegração localizada que se forma na superfície do revestimento por diversas causas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas, Figuras 16 e 17. O nível de severidade pode ser:

- Baixa: profundidade de até 25 milímetros.
- Moderada: profundidade entre 25 e 50 milímetros.
- Alta: profundidade acima de 50 milímetros.

Figura 16 – Ex. 1 panela.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 17 – Ex. 2 panela.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.4 Afundamento - DP

É uma deformação permanente que aparece no caminho das rodas, ou trilha de rodas, caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação, Figuras 18 e 19. Com nível de severidade :

- Baixa: profundidade de até 25 milímetros.
- Moderada: profundidade entre 25 e 50 milímetros.
- Alta: profundidade acima de 50 milímetros.

Figura 18 – Ex. 1 afundamento permanente.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 19 – Ex. 2 afundamento permanente.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

3.2.5 Corrugação ou escorregamento - CO

Apresenta-se como um deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, caracterizado por ondulações ou corrugações transversais na superfície e com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, Figuras 20, 21, 21 e 23. Sua severidade pode ser determinada em função do quanto a qualidade do tráfego é afetada.

Figura 20 – Ex. 1 escorregamento.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

Figura 21 – Ex. 2 escorregamento.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 22 – Ex. 1 corrugação.

Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

Figura 23 – Ex. 2 corrugação.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

3.2.6 Exsudação - EX

Surge com o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento, geralmente aparecem na trilha de roda. Podendo apresentar-se como um asfalto com alteração de sua coloração normal ou perda de sua textura comum, Figuras 24 e 25. Seu nível de severidade:

- Baixa: quando há alteração na coloração de certos trechos do pavimento em relação ao geral.
- Moderada: quando ocorre alteração da textura do pavimento.
- Alta: quando o pavimento apresenta aspecto brilhante e aparecem marcas de pneu no mesmo.

Figura 24 – Ex. 1 exsudação.

Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 25 – Ex. 2 exsudação.

Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.7 Agregados polidos - AP

Aparece expondo o agregado graúdo, muitas vezes ocorrendo perda de material, Figura xx. Não há como definir níveis de severidade.

Figura 26 – Ex. 1 agregados polidos.



Fonte: FHWA (1993) APUD MACHADO (2013).

Figura 27 – Ex. 2 agregados polidos.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.8 Desgaste - DE

Aparece com o efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego, Figuras 28 e 29. Sua severidade classifica-se em:

- Baixa: quando há perda de agregados miúdos.
- Moderada: quando a textura superficial torna-se mais áspera e ocorre perda de alguns agregados graúdos.
- Alta: quando a textura superficial torna-se muito áspera e ocorre perda mais intensa de agregados graúdos.

Figura 28 – Ex. 1 desgaste no pavimento.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

Figura 29 – Ex. 2 de desgaste no pavimento.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.2.9 Desnível entre pista e acostamento - DA

Refere-se à diferença de elevação entre a pista de rolamento e o acostamento. Normalmente, esse desnível resulta da aplicação de diferentes camadas de material, sendo que na maioria das vezes é aplicado uma espessura maior na camada de rolamento do que no acostamento, Figura 30. Os níveis de severidade não são aplicados.

Figura 30 – Desnível entre pavimento e acostamento.



Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER, (2003).

3.2.10 Bombeamento - BO

Relaciona-se a ocorrência de ejeção de água da parte inferior do pavimento através das trincas quando sob ação das cargas do tráfego. Podendo-se detectar pela presença de material fino na superfície do pavimento erodido, Figuras 31 e 32. Os níveis de severidade são difíceis de serem quantificados.

Figura 31 – Ex. 1 bombeamento em pavimento.



Fonte: FHWA (1993) APUD MACHADO (2013).

Figura 32 – Ex. 2 bombeamento em pavimento.



Fonte: BERNUCCI *et. al.*, (2008).

3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS

Ainda que os defeitos em pavimentos sejam facilmente perceptíveis, pois influenciam diretamente na rapidez, segurança e bem estar dos deslocamentos das pessoas, inúmeros métodos são desenvolvidos para melhor representação e garantia na confiabilidade das análises dos pavimentos. .

As metodologias de avaliações seguem procedimentos normativos que consideram análises subjetivas e objetivas das rodovias. A primeira, leva-se em consideração análises qualitativas que são realizadas por avaliadores que devem deter grau técnico e elevado conhecimento específico do conteúdo referente a pavimentação, de forma que possam inferir uma nota sob as condições de tráfego do pavimento. A segunda, procede de análises quantitativas e procedimentos bem definidos para obtenção das ocorrências dos defeitos e o grau das deformações permanentes, esse método torna-se mais consistente, visto a possibilidade de quantificação de cada defeito observado pelo avaliador, fazendo-se preponderâncias nos cálculos de cada defeito e obtido um valor final para representar a condição do trecho, por fim, realizando uma caracterização do desempenho do pavimento.

Como coloca Prestes (2001), a avaliação da superfície dos pavimentos é uma atividade que, mediante procedimentos padronizados de medidas e observações, permite inferir condições funcionais e estruturais dos pavimentos. Corroborando com o exposto, o manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006), reitera que é possível determinar as condições de superfície, estruturais, rugosidade longitudinais e aderência pneu-pavimento, como também avaliar a solicitação do tráfego, através de diversos parâmetros de referência normatizados.

3.3.1 Índice de Condição do Pavimento – ICP

Com os dados de identificação dos defeitos obtidos, torna-se necessário um método matemático que reflita em caracterização das condições dos pavimentos de acordo com as informações coletadas em campo. Baseado nisso, o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos – USACE desenvolveu índices de defeitos que combinados geram um valor representativo do trecho analisado, de modo que possa ser feitas comparações e definido qual o trecho clama por ações emergenciais.

O índice de condição do pavimento é um índice numérico variável que pode assumir valores no intervalo de 0 a 100. O valor nulo representa um pavimento com péssimas condições de rolamento, enquanto que o valor máximo representa um pavimento com ótimas condições de tráfego. Podendo ser calculado através da equação (1):

$$ICP = 100 - [(\sum_i E_{i,A} X F_{i,A}) + (\sum_i E_{i,M} X F_{i,M}) + (\sum_i E_{i,B} X F_{i,B})] \quad (1)$$

Onde:

$E_{i,A}$ é a extensão do defeito i, com severidade Alta;

$F_{i,A}$ é o fator de ponderação para o defeito i, com severidade alta;

$E_{i,M}$ é a extensão do defeito i, com severidade Média;

$F_{i,M}$ é o fator de ponderação para o defeito i, com severidade Média;

$E_{i,B}$ é a extensão do defeito i, com severidade Baixa;

$F_{i,B}$ é o fator de ponderação para o defeito i, com severidade Baixa;

Os fatores de ponderação por tipo de defeito e severidade foram propostos inicialmente pelo trabalho The Urban Roadway Management System (URMS), o qual é o resultado de uma extensiva pesquisa em Austin. Após isso, outros fatores foram propostos por Khedr & El Dimmery (1994), fazendo parte de um sistema de gerência de pavimentos para regiões em desenvolvimento. No Brasil, Bertollo (1997) apresenta um projeto piloto para a cidade de São Carlos, levando-se em consideração avaliações objetiva e subjetiva, apresentando uma nova proposta para os fatores, Figura 33. (PAÉZ D. S.; 2015).

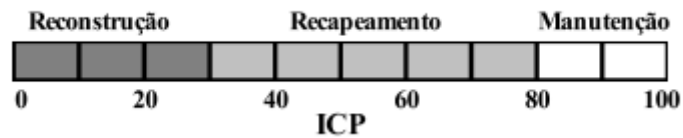
Figura 33 – Fatores de Ponderação sugeridos por URMS (1993), Khedr & El Dimeery (1994) e Bertollo (1997).

Tipo de Defeito	URMS (Chen et al., 1993)			Khedr & Dimeery (1994)			Bertollo (1997)		
	Severidade			Severidade			Severidade		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
1 Trincas por Fadiga	0.40	0.60	0.80	0.40	0.70	1.00	0.70	0.80	0.90
2 Trincas em Blocos	0.20	0.40	0.60	0.40	0.70	1.00			
3 Trincas Laterais									
4 Trincas Longitudinais	0.20	0.35	0.80	0.40	0.70	1.00			
5 Trincas por Reflexão									
6 Trincas Transversais	0.20	0.35	0.80	0.40	0.70	1.00		0.35	
7 Remendos	0.10	0.15	0.20	0.30	0.60	1.00	0.70	0.80	0.95
8 Painelas	0.60	0.80	1.00	0.40	0.70	1.00	0.75	0.90	0.95
9 Afundamento de Trilha de Roda	0.30	0.45	0.60	0.30	0.70	1.00			
10 Corrugação	0.50			0.40	0.80	1.00	0.50		
11 Exsudação	0.10	0.20	0.30	0.80	0.80	1.00	0.30		
12 Agregados Polidos	0.10	0.20	0.30	0.10	0.20	0.30			
13 Desgaste	0.60	0.80	1.00	0.30	0.60	1.00	0.75	0.85	1.00
14 Desnível Pista/Acostamento									
15 Bombeamento									

Fonte: PAÉZ (2015).

Por fim, através do valor do ICP, é estabelecido uma classificação qualitativa, de maneira a caracterizá-lo de acordo com as necessidades reais de intervenção nos pavimentos, vistas a definir qual o procedimento adequa-se melhor ao trecho estudado. Conforme é definido pelo Instituto do Asfalto, Figura 34.

Figura 34 – Intervalo de ICP para intervenção.



Fonte: INSTITUTO DO ASFALTO, (1989).

A partir disso, segue a definição de cada procedimento a ser realizado baseado no Manual de Restauração dos Pavimentos do DNIT (2006).

- **Reconstrução:** $0 \leq \text{ICP} \leq 30$: consiste na remoção total ou parcial da espessura do pavimento, podendo atingir até o subleito; e na posterior adequada execução de novas camadas estruturais prontos para a utilização.
- **Recapeamento** $30 < \text{ICP} \leq 80$: consiste na adequada sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camadas constituídas de mistura betuminosa.
- **Manutenção** $80 < \text{ICP} \leq 100$: compreende um processo sistemático a que, de forma contínua, deve ser submetida uma rodovia, em conformidade com suas funções e magnitude de tráfego, venha a oferecer ao usuário, um deslocamento econômico, confortável e seguro.

4 METODOLOGIA

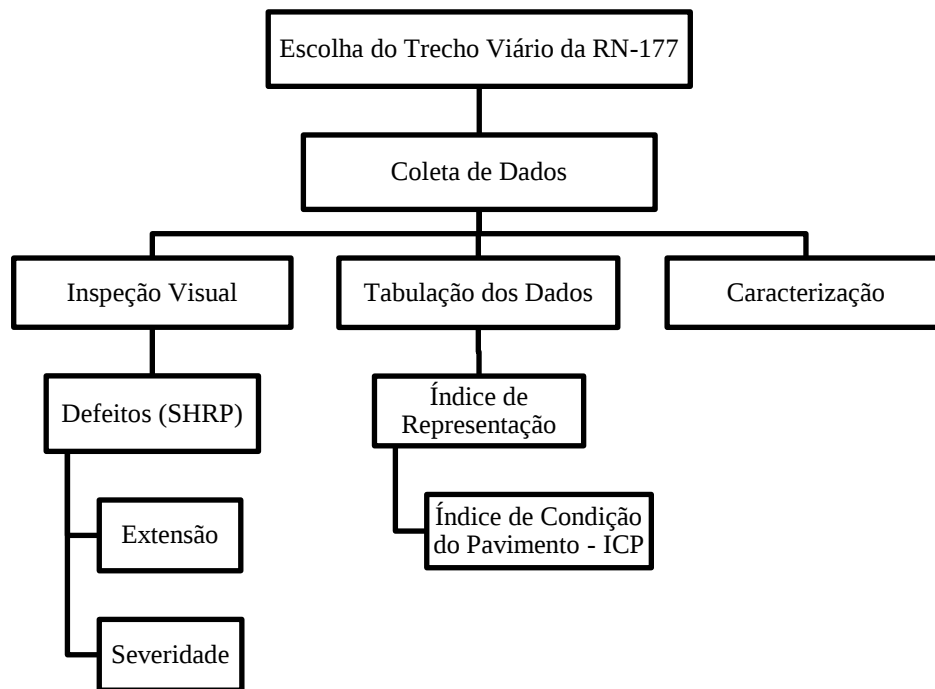
A pesquisa consistiu em avaliar quanto a revestimentos asfálticos flexíveis, um trecho da RN-177 no município de Pau dos Ferros-RN, que interliga o bairro Alto São Geraldo com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros. O trecho analisado possui extensão de aproximadamente 1.759 metros, iniciando-se após o trevo do Alto São Geraldo, em sentido Leste, terminando no entroncamento com a BR-226, Figura 35.

Figura 35 – Imagem de satélite do Google Earth apresentando trecho analisado.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

A avaliação ocorreu tocante aos defeitos dos pavimentos. Para obtenção dos resultados seguiram-se os procedimentos metodológicos apresentados na Figura 36.

Figura 36 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos

Fonte: Autor, 2017.

Inicialmente dividiu-se a extensão total do trecho analisado em 85 seções, tomadas a cada 20 metros, de modo que cada seção fosse identificada através de numeração própria, Figuras 37 e 38.

Figura 37 – Imagem de satélite do Google Earth com demonstração das seções.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

Figura 38 – Detalhe das seções.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

Prosseguiu-se com a determinação das amostras, utilizando-se o método de amostragem sistemática, no qual elas são selecionadas com um espaçamento constante, de modo que apenas a primeira (amostra inicial) é determinada aleatoriamente.

O valor do espaçamento (i) é obtido pela equação (2):

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

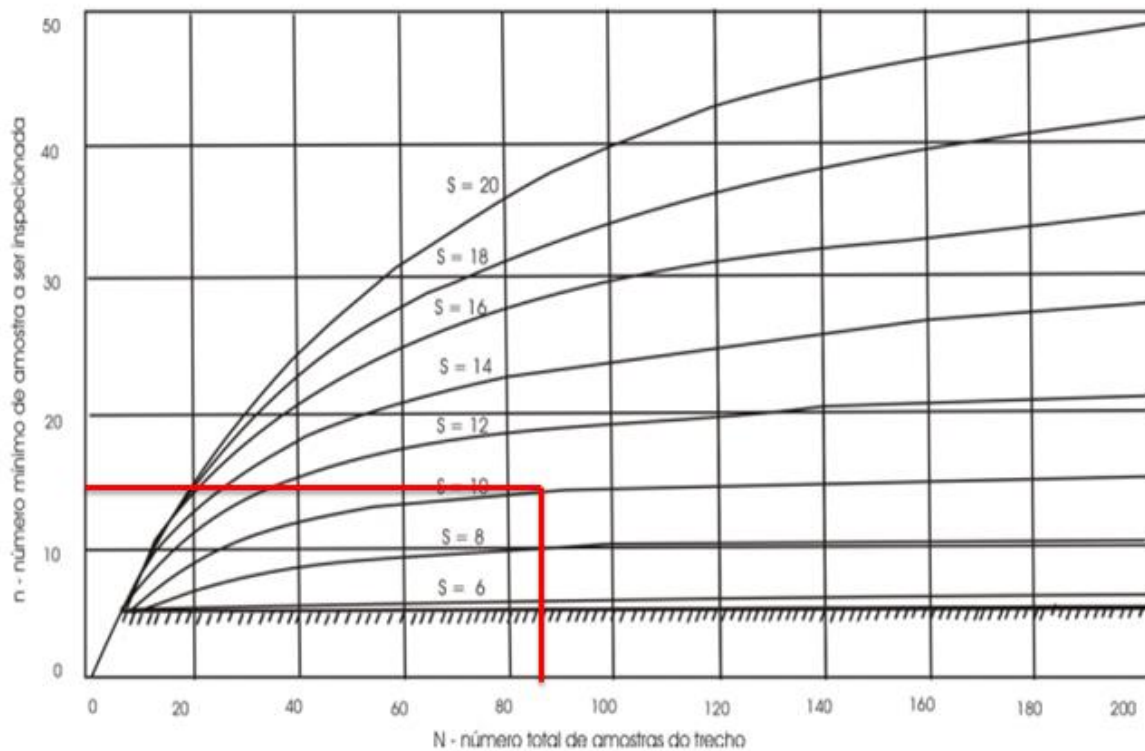
aproximando-se o resultado para o número inteiro imediatamente inferior, onde:

N é o total de amostras contidas no trecho;

n é o número de amostras a serem inspecionadas;

O número de amostras a serem inspecionadas foi encontrado pelo ábaco representado, Figura 38. O valor é correlacionado a um fator S (desvio padrão da quantidade de amostras). A Norma DNIT 060/2004, recomenda a utilização do valor S entre 8 e 14, utilizou-se S igual a 10 ($S=10$).

Figura 39 – Ábaco para obter o espaçamento i .



Fonte: Adaptado de NORMA DNIT, 060/2004 – PRO (2004).

Nesse caso, com a consulta ao ábaco, utilizando-se as considerações realizadas e $N=85$ (número de seções), o valor aproximado de n é igual a 15. Portanto, pode-se calcular o espaçamento necessário para as amostras, a partir da equação (3).

$$i = \frac{85}{15} = 5,6667 \cong 5 \quad (3)$$

Desse modo, temos um intervalo de 5 amostras, para cada seção analisada. Para isso, considerou-se como seção inicial a de nº 1; as demais; foram selecionadas através do valor de espaçamento calculado ($i = 5$).

Na Tabela 01, apresentam-se as seções para análise com suas respectivas coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM de início e final:

Tabela 01 – Seções Analisadas.

Seção	Coordenadas Universal Transversa de Mercator - UTM			
	Início da Seção		Final da Seção	
	Este	Norte	Este	Norte
1	588505.955	9324755.994	588525.955	9324756.308
6	588605.955	9324757.203	588625.955	9324755.332
11	588705.955	9324748.197	588725.955	9324746.502
16	588805.955	9324740.258	588825.955	9324738.709
21	588905.955	9324732.070	588925.955	9324730.256
26	589005.955	9324723.233	589025.955	9324721.916
31	589105.955	9324716.646	589125.955	9324715.329
36	589205.955	9324708.545	589225.955	9324707.001
41	589305.955	9324701.869	589325.955	9324701.012
46	589405.955	9324698.651	589425.955	9324699.630
51	589505.955	9324716.472	589525.955	9324722.968
56	589605.955	9324758.007	589625.955	9324767.894
61	589705.955	9324822.418	589725.955	9324838.265
66	589805.955	9324882.906	589825.955	9324889.336
71	589905.955	9324915.059	589925.955	9324921.490
76	590005.955	9324943.286	590025.955	9324948.179
81	590105.955	9324966.881	590125.955	9324967.879
85	590185.955	9324967.549	590202.728	9324967.053

Fonte: Autor, 2017.

Com a definição das seções, seguiu-se com a coleta dos dados referentes aos defeitos em campo. A inspeção visual nas seções selecionadas foi realizada por caminhamento, como também a medição da extensão e severidade de cada um deles, foi realizada conforme as definições da norma DNIT 005/2003-TER e do Manual de identificação do SHRP.

Após a coleta dos dados, realizou-se sua tabulação, em busca de correlacioná-los e agrupá-los para subsidiar as considerações e argumentos conclusivos do trabalho. Em seguida, procedeu-se com os cálculos do índice de representação do pavimento; utilizaram-se as premissas do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos – USACE. Conforme a equação (1).

O valor calculado do ICP, representam as seções individuais, dessa forma para obter-se o valor do ICP geral, utilizou-se a Equação (4):

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^n ICP_i}{n} \quad (4)$$

Onde:

ICP_i é o valor individual calculado de cada seção;

n é o número de seções calculadas;

5 AVALIAÇÃO DO TRECHO DA RN-177

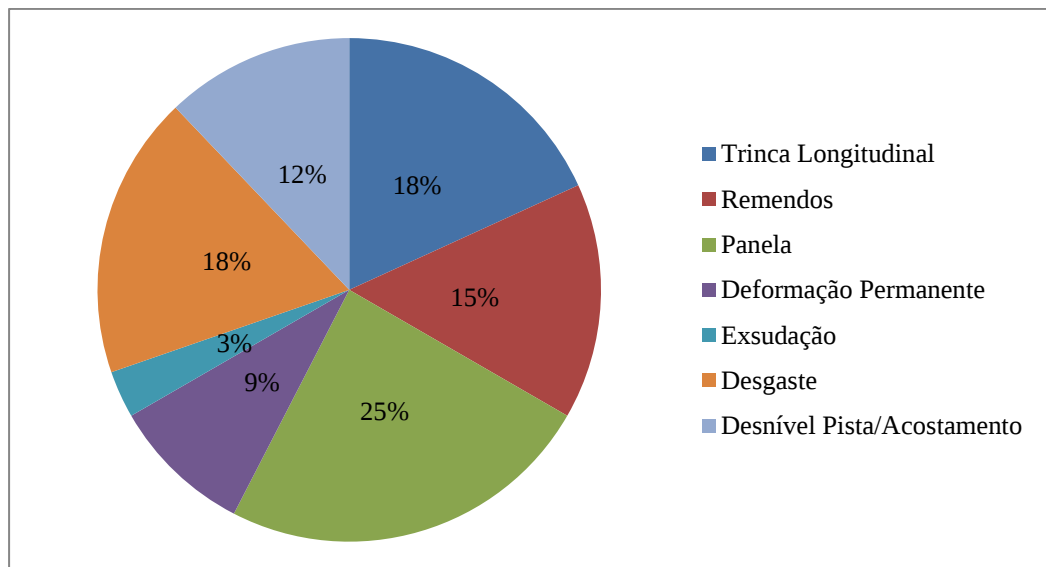
A partir do percurso bibliográfico exposto, das recomendações metodológicas determinadas, e do objeto de estudo definido, realizou-se, “in loco” a avaliação superficial da via. Os resultados coletados retratam a análise de parâmetros referentes ao tipo de defeito e severidade, seguidos da unidade de medição das 18 seções analisadas, conforme a Tabela 02.

Tabela 02 – Defeitos observados nas seções analisadas.

Defeitos	Severidade	Seções Analisadas																	
		1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	85
TF (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TB (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DB (m²)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TL (m²)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	6	10	-	-	-	-	-
	Moderada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	1,5	-	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TR (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TT (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE (m²)	Baixa	-	60	40	90	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderada	19,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA (un)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	1	4	2	7	7	1	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-
DP (m²)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	8	-	-	-	8	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
CO (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EX (m²)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
	Moderada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DE (m²)	Baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderada	-	5	40	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-	-	16	1	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-
DA (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	40	40	20	-
BO (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2017.

Na Tabela 02, pode ser observado em quais seções cada defeito foi encontrado; destacando-se, pelo número de ocorrências: panela (PA), em 8 seções; trincas longitudinais (TL), em 6 seções, remendos (RE), em 6 seções e desgaste (DE), em 6 seções. Dentre os defeitos relacionados que poderiam ser detectados no pavimento, verificou-se a presença de apenas 7 tipos, catalogados no Gráfico 01.

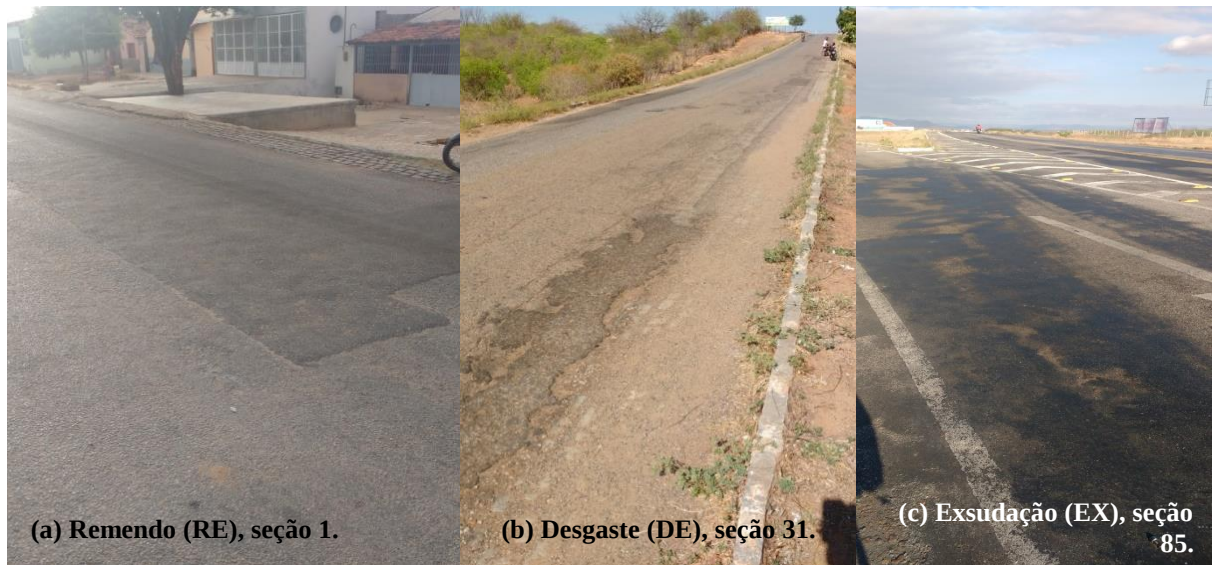
Gráfico 01 – Percentual dos defeitos constatados.

Fonte: Autor, 2017.

No Gráfico 01, podem-se destacar os defeitos contabilizados com maior frequência nas seções, evidenciando-se os seguintes: panela (PA), correspondendo a 25% do total; trincas longitudinais (TL) e desgaste (DE), ambos correspondendo a 18% do total; e remendos (RE), correspondendo a 15% do total. Na sequência exibem-se os registros fotográficos dos principais defeitos, Figuras 39 e 40.

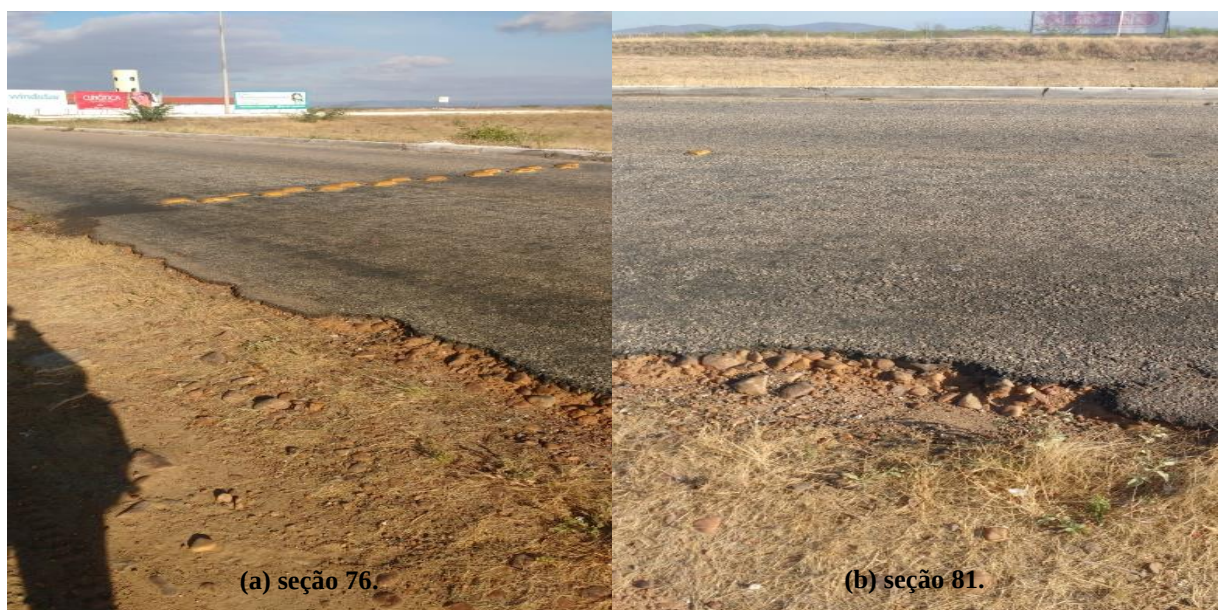
Figura 40 – Principais defeitos observados.

Fonte: Autor, 2017.

Figura 41 – Defeitos observados.

Fonte: Autor, 2017.

Diante dos dados, pôde ser constatado que os seguintes tipos de defeitos não foram detectados em nenhuma seção do trecho analisado: trinca por fadiga (TF); trinca em blocos (TB); Trincas nos bordos (DB); trinca de retração (TR); trinca transversal (TT); corrugações (CO); agregados polidos (AP); e bombeamento (BO). O defeito de desnível entre pista e acostamento (Figuras 45 e 46.) foi encontrado nas seções 66, 71, 76 e 81, porém, diante da inaplicação dos níveis de severidade e na inexistência de dados na literatura referentes a ponderações no cálculo do ICP, esse foi desconsiderado na avaliação.

Figura 42 – Desnível entre pista e acostamento (DA).

Fonte: Autor, 2017.

5.1 CÁLCULO E ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO – ICP

Para facilitar o entendimento e visando à melhor compreensão das análises dos dados a serem apresentados, o cálculo do ICP é demonstrado individualmente, por seção, e posteriormente, obtém-se o geral que representa todo o trecho da RN-177. Fazendo-se dessa forma, permite-se ter ciência do resultado pontual, para otimização dos recursos de intervenção para as seções mais críticas.

No cálculo do índice, vistas a obtenção dos valores, seguiram-se as definições e considerações do percurso metodológico. Porém, foram apresentados fatores de ponderações variáveis, que estão relacionados a três pesquisas, havendo um desamparo em qual utilizar. Logo, fez-se a utilização da média aritmética dos três resultados. Sabendo-se disso, o cálculo individual de cada ICP é elencado na sequência da Tabela 03 a 20.

Tabela 03 – Seção 1.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
RE (m²)	Moderada	19,8	0,52	10,3
PA (Unid.)	Alta	1	0,98	0,98
Σ				11,3
ICPi				88,7

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 04 – Seção 6.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m²)	Moderada	5	0,75	3,75
RE (m²)	Baixa	60	0,36	21,6
PA (Unid.)	Alta	4	0,98	3,9
Σ				29,3
ICPi				70,7

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 05 – Seção 11.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m²)	Moderada	40	0,75	30
TL (m)	Alta	1,5	0,90	1,35
PA (Unid.)	Alta	2	0,98	1,96
Σ				33,3
ICPi				66,7

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 06 – Seção 16.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DP (m²)	Alta	8	0,8	6,4
RE (m²)	Moderada	90	0,52	46,8
PA (Unid.)	Alta	7	0,98	6,86
Σ				60,1
ICPi				39,9

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 07 – Seção 21.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
RE (m²)	Baixa	10	0,36	3,6
PA (Unid.)	Alta	7	0,98	6,86
Σ				10,5
ICPi				89,5

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 08 – Seção 26.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m²)	Moderada	20	0,75	15
PA (Unid.)	Alta	1	0,98	0,98
Σ				16
ICPi				84,0

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 09 – Seção 31.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m²)	Alta	16	1,00	16
TL (m)	Alta	3	0,90	2,7
Σ				18,7
ICPi				81,3

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 10 – Seção 36.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m²)	Alta	1	1,00	1
TL (m)	Alta	6	0,90	5,4
DP (m²)	Alta	8	0,8	6,4
Σ				12,8
ICPi				87,2

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 11 – Seção 41.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
TL (m)	Baixa	2,5	0,3	0,75
Σ				0,75
ICPi				99,3

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 12 – Seção 46.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DP (m)	Alta	2,5	0,8	2
PA (Unid.)	Alta	2	0,98	1,96
Σ				3,96
ICPi				96,0

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 13 – Seção 51.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DE (m)	Alta	1,5	1,0	1,5
Σ				1,5
ICPi				98,5

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 14 – Seção 56.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
TL (m²)	Baixa	6	0,3	1,8
Σ				1,8
ICPi				98,2

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 15 – Seção 61.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
TL (m²)	Baixa	10	0,3	3
PA (Unid.)	Alta	1	0,98	0,98
Σ				3,98
ICPi				96,0

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 16 – Seção 66.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DA (m)	-	40	-	-
Σ				-
ICPi				100

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 17 – Seção 71.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DA (m)	-	40	-	-
Σ				-
ICPi				100

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 18 – Seção 76.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DA (m)	-	40	-	-
Σ				-
ICPi				100

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 19 – Seção 81.

Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
DA (m)	-	20	-	-
Σ				-
ICPi				100

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 20 – Seção 85.

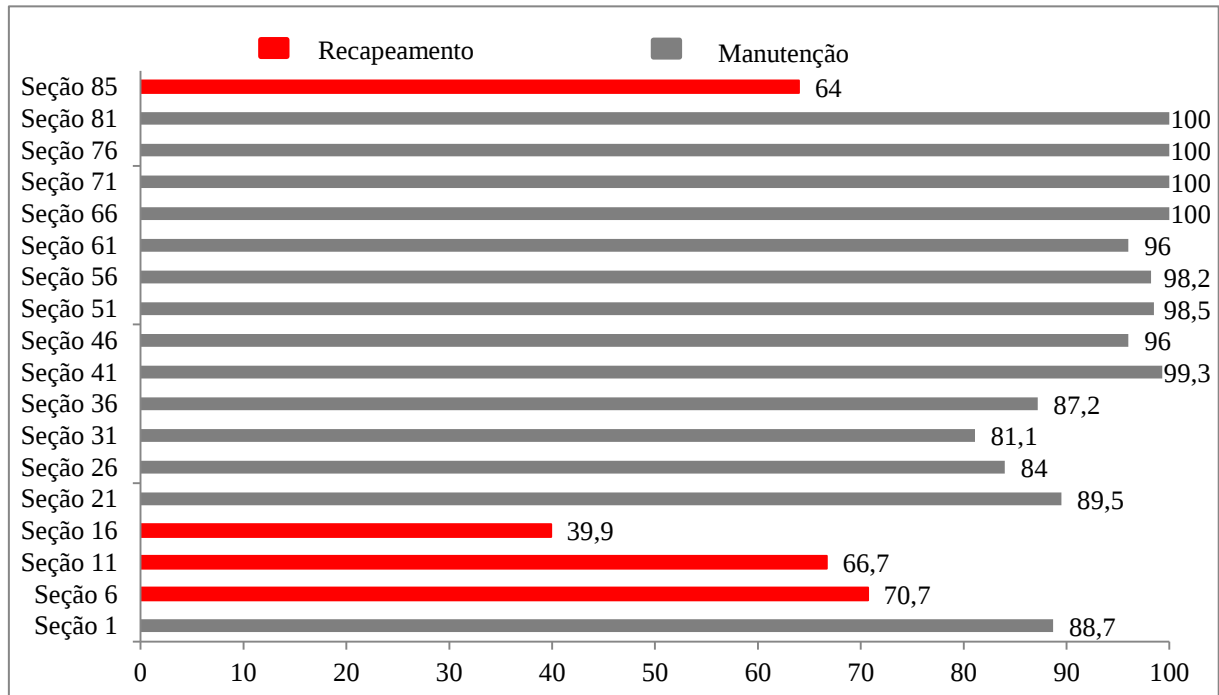
Defeitos	Severidade	Extensão - E	Média do fator de ponderação - F	E_iXF_i
EX (m²)	Baixa	90	0,4	
DA (m)	-	20	-	
Σ				36,0
ICPi				64,0

Fonte: Autor, 2017.

A análise do comportamento individual e a permissão de inferências das condições funcionais das seções são possibilitadas a partir da caracterização, que é realizada de acordo

com as definições do instituto do asfalto. Para isso, agrupou-se os valores obtidos do ICPi no Gráfico 02.

Gráfico 02 – ICP de cada seção.



Fonte: Autor, 2017.

Dessa forma, analisando o Gráfico 02, verifica-se que as seções 6, 11, 16 e 85, necessitam de recapeamento da pista de rolamento (Figuras 47 e 48), que consiste na adequada execução de camada betuminosa sobre o pavimento existente, deixando-o apto a exercer um novo ciclo de vida útil.

Figura 43 – Painéis no rolamento da Seção 16.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 44 – Deformação permanente na seção 16.



Fonte: Autor, 2017.

As seções 66, 71, 76 e 81, que apresentaram somente o defeito de desnível entre pavimento e acostamento, foi considerado o valor máximo do índice, ou seja, ICPi igual a 100. No entanto, as demais seções carecem apenas de manutenções periódicas, que se compreende por procedimentos sistêmicos e programados, que visa garantir um tráfego com conforto e segurança aos usuários, Figura 44.

Figura 45 – Seções que necessitam de manutenção.



Fonte: Autor, 2017.

O valor do ICP geral para o trecho correspondente da RN-177 foi calculado através da média aritmética dos ICPi, de acordo com a Equação (5):

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^{18} ICP_i}{n} \quad (5)$$

Onde:

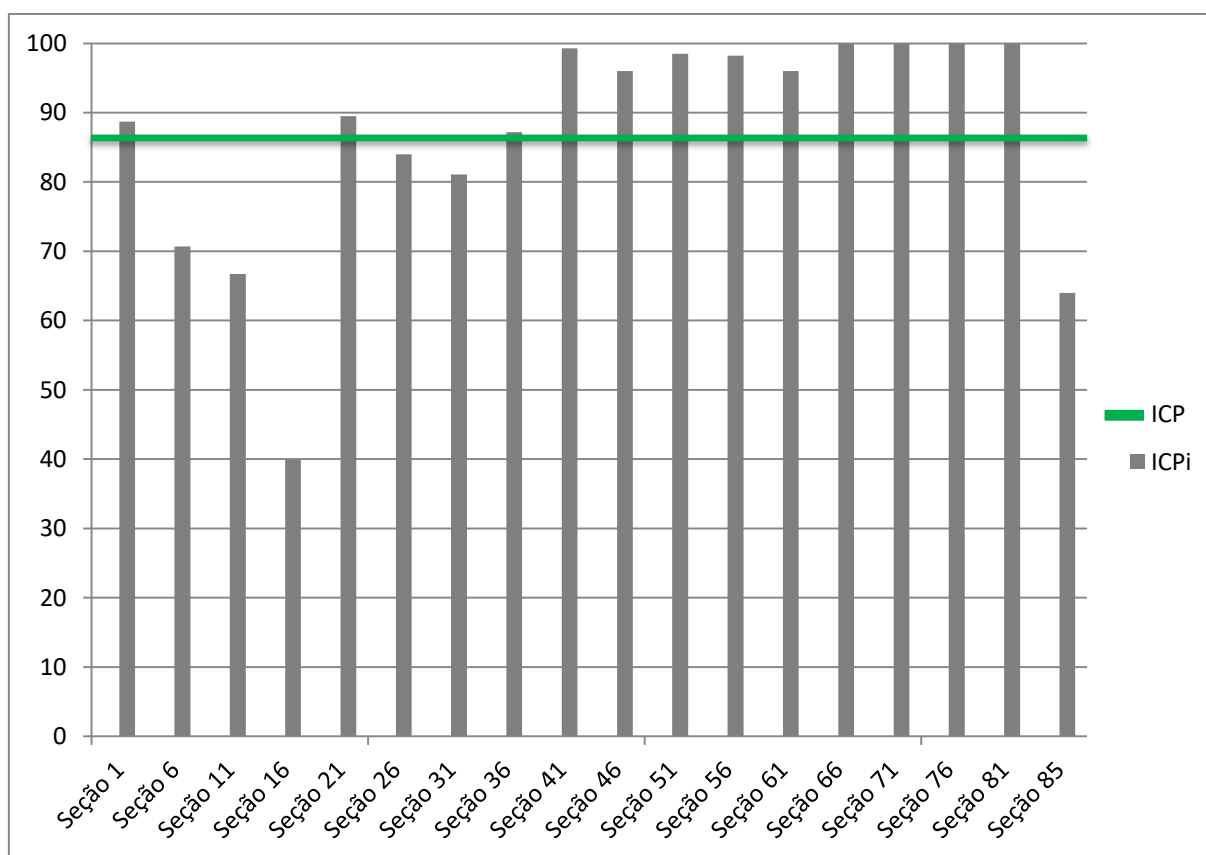
ICP_i é o valor individual calculado de cada seção;

n é o número de seções calculadas;

Somando-se os valores calculados de cada ICPi e substituindo-os juntamente com o número de seções analisadas na Equação (5), tem-se:

$$ICP = \frac{1559,8}{18} = 86,7$$

Em conformidade com o Instituto do Asfalto, um pavimento que obtenha, na avaliação, o valor de ICP entre 80 e 100, encontra-se na condição atual de manutenção.

Gráfico 03 – ICP X ICPI.

Fonte: Autor, 2017.

Como pode ser observado pelo gráfico, apenas 6 seções de todo o trecho apresentam valor do ICPI menor que o geral. Contudo, o desempenho do pavimento apresenta-se regular, permitindo boas operações de tráfegos. Sendo que a rodovia tem mostrado potencial aumento de fluxo veicular nos últimos anos. Todavia, ela sempre teve papel fundamental na locomoção das pessoas para o município de Francisco Dantas-RN e para a vila do perímetro irrigado. Porém, recentemente, o tráfego tem sido intensificado, aumentando assim as solicitações no pavimento devido o trânsito dos veículos pesados que transportam os universitários para as dependências do câmpus da UFERSA, tornando-se a principal via de acesso.

Entretanto, a pista de rolamento não apresenta largura constante, em sua extensão não há acostamentos, ocasionando trechos homogêneos praticamente inexistentes. Como a avaliação realizada representa o pavimento em um curto período de tempo, a garantia da permanência de condições favoráveis ou melhores, como indica o ICP do trecho, serão obtida através de ações periódicas de manutenção preventivas no pavimento da via.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises do estudo de caso, foi possível identificar os defeitos no pavimento do trecho da RN-177. O estudo sinalizou a importância do conhecimento prático das tipologias dos defeitos ocorrentes nos pavimentos, embora, tenham contemplado exclusivamente as problemáticas encontradas em pavimentos flexíveis que são destacadas no manual, inúmeros outros defeitos podem afetar as vias. Dessa forma, ressalta-se o elevado conhecimento técnico requerido ao avaliador, evitando-se interpretações incoerentes e inconsistentes, mostrando-se imprescindível para o processo de identificação das manifestações em campo.

O Índice de Condição do Pavimento, apesar do curto trecho analisado, mostrou-se representar pertinentemente os dados coletados, demonstrando-se ser um instrumento útil, eficaz e econômico na identificação objetiva dos defeitos dos pavimentos. A partir disso, pode-se inferir as condições reais do trecho e procedimentos como de recapamentos, manutenções e restaurações a serem realizados pelo órgão gestor municipal. Entretanto, quando se trata dos fatores de ponderações, o método desperta desconfiança, por deixar lacunas quanto aos valores praticados. Como também, por se tratar de um valor genérico que pode não simbolizar práticas, técnicas executivas e nível tecnológico em um âmbito nacional ou até mesmo municipal.

Baseado nisso, é importante a difusão dessa prática avaliativa, de modo a impactar os administradores públicos e despertar o interesse na implantação de um sistema de gerência de pavimentos em seus governos. De forma a destinar assertivamente, através de critérios, análises e cálculos os recursos públicos, em locais que a pavimentação apresenta-se em condições precárias. Atentando-se ao fato que o correto é priorizar as atividades de manutenção preventiva, desse modo, garantindo-se o aumento no tempo de vida útil da via.

De maneira geral, novos estudos associados à análise funcional de pavimentos devem ser realizados, frente à necessidade de estabelecer um sistema de gerência de pavimentos nos municípios. Para trabalhos futuros, recomenda-se que sejam realizadas avaliações em trechos mais extensos, ou até mesmo na rede viária do município. Por fim, apresenta-se de grande valia também que se realizem comparações com outros métodos de identificação, como por exemplo, os normatizados pelo DNIT, Vizir ou Paver, de modo a possibilitar avaliar a eficiência de cada um e analisar as correlações existentes entre os processos de avaliação.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, L. B.; et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES – CNT. **Anuário CNT dos transportes 2017**. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Inicial>>. Acesso em: 01 Ago. 2017.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT.. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Publicação IPR 700, 2ª ed. Rio de Janeiro, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Publicação IPR 720, 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Pavimento rígido – inspeção visual**. Norma DNIT 060/2004 – PRO. Rio de Janeiro, 2006.

FHWA – U. S. Department of Transportation. **Distress identification manual for the long-term pavement performance program**. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D. C., 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Informações completas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=240940>>. Acesso em: 02 Ago. 2017.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

PÁEZ, E. M. A. **Índice de condição do pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

PRESTES, M. P. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis - um estudo comparativo**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.