



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AMBIENTAIS - DECAM
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODRIGO EMANUEL DO NASCIMENTO MENEZES

**REALIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA
AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA AVENIDA
ALBERTO MARANHÃO, MOSSORÓ- RN.**

**MOSSORÓ/RN
2022**

RODRIGO EMANUEL DO NASCIMENTO MENEZES

**REALIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA
AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA AVENIDA
ALBERTO MARANHÃO, MOSSORÓ- RN.**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva,
Prof. Me.

**MOSSORÓ/RN
2022**

© 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.

NN244 Nascimento Menezes, Rodrigo Emanuel do.
r Realização de levantamento visual contínuo para
avaliação das manifestações patológicas na avenida
Alberto Maranhão, Mossoró- RN. / Rodrigo Emanuel
do Nascimento Menezes. - 2022.
52 f. : il.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. Sistema de gerência de pavimentos. 2.
Pavimentos. 3. Rodovias. 4. Planejamento. I.
Silva, Bruno Tiago Angelo da , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

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.

RODRIGO EMANUEL DO NASCIMENTO MENEZES

**REALIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA
AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA AVENIDA
ALBERTO MARANHÃO, MOSSORÓ- RN**

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

Defendida em: 25 / 11 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Bruno Tiago Angelo da Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente

Marília Pereira de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Wendel Silva Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me guiar e instruir ao longo desta jornada, por me manter firme diante de todas as dificuldades até aqui e por acreditar nos meus sonhos, por da coragem para ter chegado até aqui.

Ao meu orientador, Me. Bruno Angelo, por todo o apoio, disponibilidade e compreensão. Um grande profissional que tive a honra de conhecer e por aceitar o convite em ser meu orientador.

A toda a minha família, que se fez presente para que eu pudesse chegar onde eu estou, com educação, incentivo.

A todos os professores que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação. A todos os meus colegas de turma pela convivência e amizade construída ao longo do curso.

Enfim, a todos os que contribuíram, de maneira direta ou indiretamente para que eu chegasse a esse momento.

“Todo mundo é um gênio.
Mas, se você julgar um peixe por
sua capacidade de subir em uma
árvore, ela vai passar toda a sua vida
acreditando que ele é estúpido.”

Albert Einstein

RESUMO

A evolução da malha viária no Brasil encontra-se penalizada em função da capacidade atual de investimento pelo setor público. Esta é uma das principais razões para a diminuição, em curto prazo, do volume de obras de implantação e/ou pavimentação de novas rodovias. Mas, apesar da escassez de recursos, este valioso patrimônio público deve ser conservado, devendo o planejamento das atividades de conservação rotineira e manutenção periódica ser prioridade deste setor. A Gestão da Manutenção se destaca hoje no Brasil e há alguns anos em diversos países, como uma tecnologia para onde convergirá, em curto prazo, todas os esforços em busca de modernas técnicas em forma de pesquisa e monitoramento no setor rodoviário. As execuções de atividades de manutenção e reabilitação são fundamentais em um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGPs). Devem ser estabelecidos critérios para a escolha das estratégias de intervenção e da lista de prioridades. As rodovias são essenciais para o desenvolvimento do país, são através delas que se tem o transporte de cargas e pessoas diariamente, assim movimentando a economia do país. Apesar disso muitas se encontram com o pavimento em deterioração, sem manutenção e conservação inadequada pelos órgãos responsáveis. Diante desse cenário e por ser geograficamente importante para o desenvolvimento local, esta pesquisa apresenta um estudo das manifestações patológicas em uma avenida de pavimento flexível no município de Mossoró-RN, com o objetivo de estabelecer as possíveis causas, mecanismo de ocorrência, classe e sugerir técnicas de recuperação para o mesmo. A pesquisa foi embasada pelo Levantamento Visual Contínuo – LVC, no qual a partir desse levantamento foi classificado o Valor de Serventia Atual – VSA, e calculado Índice de Defeitos de Superfície - IDS, além de obter o Índice de Condição de Funcional – ICF, índice que indica qual a condição de severidade que o trecho estudado se encontra. De acordo com os dados coletados o estudo revelou que o trecho selecionado foi classificado como “péssimo” o que indica que a avenida não possibilita conforto ao rolamento e segurança aos seus usuários. Buscando melhorias para o município de Mossoró/RN o estudo serve como base para trabalhos futuros no que diz respeito a determinação das prováveis causas dos defeitos encontrados.

Palavras-chaves: Sistema de Gerência de Pavimentos; Pavimentos; Rodovias; Planejamento.

ABSTRACT

The evolution of the road network in Brazil is penalized due to the current investment capacity of the public sector. This is one of the main reasons for the decrease, in the short term, in the volume of works for the implantation and/or paving of new highways. But, despite the scarcity of resources, this valuable public asset must be conserved, and the planning of routine conservation activities and periodic maintenance must be a priority for this sector. Maintenance Management stands out today in Brazil and a few years ago in several countries, as a technology to which, in the short term, all efforts in search of modern techniques in the form of research and monitoring in the road sector will converge. The execution of maintenance and rehabilitation activities are fundamental in a Pavement Management System (SGPs). Criteria for choosing intervention strategies and the list of priorities must be established. Highways are essential for the development of the country, it is through them that cargo and people are transported daily, thus moving the country's economy. Despite this, many have deteriorated pavements, lack of maintenance and inadequate conservation by Organs responsible bodies. Given this scenario and because it is geographically important for local development, this research presents a study of the pathological manifestations in a flexible pavement avenue in the city of Mossoró-RN, with the objective of establishing the possible causes, mechanism of occurrence, class and suggest recovery techniques for the same. The research was based on the Continuous Visual Survey - LVC, from which the Current Service Value - VSA was classified, and the Surface Defect Index - IDS was calculated, in addition to obtaining the Functional Condition Index - ICF, index which indicates the condition of severity that the stretch studied is. According to the data collected, the study revealed that the selected stretch was classified as "terrible", which indicates that the avenue does not provide comfort for riding and safety for its users. Seeking improvements for the municipality of Mossoró/RN, the study serves as a basis for future work regarding the determination of the probable causes of the defects found.

Keywords: Floor Management System; floors; highways; Planning.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CNT Confederação Nacional do transporte

DER Departamento de Estradas e Rodagens

DNER Departamento de Nacional de Estradas e Rodagens

DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ICF Índice de Condição Funcional

IDS Índice de Defeitos de Superfície

IPR Instituto de Pesquisas Rodoviárias

LVC Levantamento Visual contínuo

SGP Sistema de Gerencia de Pavimento

UFERSA Universidade Federal do Semi-Árido

VSA Valor de Serventia Atual

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Disposição das camadas de pavimento tipo flexível	19
Figura 1 - Estrutura do pavimento rígido	20
Figura 3 - Trinca Isolada Transversal.....	22
Figura 4 - Trinca Isolada Longitudinal.....	22
Figura 5 - Trinca tipo Couro de Jacaré	23
Figura 6 - Trinca interligado tipo “bloco”	23
Figura 7 - Afundamento de trilho de roda	24
Figura 8 - Ondulação	25
Figura 9 - Desgaste	25
Figura 10 - Escorregamento	26
Figura 11 - Painelas	26
Figura 12 - Ilustração da exsudação	27
Figura 13 - Classificação e Codificação	28
Figura 14 - Representação das patologias	29
Figura 15 - Detalhe da Avenida selecionada	41
Figura 16 - Painela.....	43
Figura 17 - Afundamento	43
Figura 18 - Remendo	44
Figura 19 - Trinca transversal curta.....	44
Figura 20 - Trincas longitudinais	45
Figura 21 - Trinca do tipo couro de jacaré	45
Figura 22 - Outros de feitos.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência para todos os defeitos, exceto panela e remendo.....	34
Tabela 2 - Frequência para panela e remendo (P e R).....	34
Tabela 3 - Severidade e peso para trinca isolada (TR).....	34
Tabela 4 - Severidade e peso para trincas em bloco e “jacaré” (TB e TJ)	35
Tabela 5 - Severidade e peso para panela (P).....	35
Tabela 6 - Severidade e pesos para flechas na trilha de roda	35
Tabela 7 - Severidade e peso para desgaste (D)	36
Tabela 8 - Severidade e peso para remendo (R).....	36
Tabela 9 - Severidade e peso para ondulação (O)	36
Tabela 10 - Severidade e peso para exsudação (EX).....	36
Tabela 11 - Conceituação para Valor de Serventia Atual (VSA).....	38
Tabela 12 - Índice de Condição Funcional - ICF	39
Tabela 13 - Distribuição das patologias nos segmentos	42
Tabela 14 - Valores e conceitos dos parâmetros da avaliação	47
Tabela 15 - Levantamento das patologias e classificação ICF	48

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
1.1.1 Objetivos	14
1.1.2 Objetivos Gerais.....	15
1.1.3 Objetivo Especifico.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
2.1 Pavimentação.....	15
2.2 Pavimento.....	16
2.3 Estruturas dos Pavimentos Flexíveis	17
2.4 Tipos de Pavimentos.....	20
2.4.1 Pavimento Rígido.....	20
2.4.2 Pavimento Semirrígidos.....	20
2.5 Patologias.....	21
3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	30
3.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis.....	30
3.2 Levantamento Visual Contínuo - LVC.....	32
3.3 Índice de Defeitos de Superfície.....	33
3.4 Valor de Serventia Atual – VSA.....	37
3.5 Índice de Condição Funcional – ICF.....	39
4. MATERIAIS E MÉTODOS	40
5.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
7.REFERENCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Rodoviário Brasileiro teve seu ápice de crescimento no período de 1960 a 1980. Atualmente, as rodovias pavimentadas correspondem a aproximadamente 10% de todo sistema de rodovias. Dados do Sistema de Gerencia de Pavimentos, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes SGP/DNIT, 2003, indicam que o Brasil, possui uma rede de estradas com uma extensão de 1.724.929 km, sendo 172.879,8 km pavimentados, para os seus 8,5 milhões de km².

Desta extensão pavimentada, 57.211,1 km são de rodovias federais, 94.753,8 km de rodovias estaduais e 20.914,9 km de rodovias municipais. A malha rodoviária federal, estadual e municipal do Estado do Rio grande do Norte tem 26.920,00 km de extensão, dos quais 3.753,0 km são de rodovias pavimentadas e 23.167,0 km de rodovias não pavimentadas. Considerando-se apenas a malha estadual, de um total de 3.8173,0 km, as rodovias pavimentadas atingem pouco mais de 57,6% (2.217,1 km) e as não pavimentadas implantadas em revestimento primário em torno de 30% (1.600,2 km).de acordo com o Departamento Nacional de Estradas e Rodagens(DNER, 1997).

A malha viária do Brasil encontra-se em estágio de deterioração um pouco mais acelerada em função da capacidade atual de investimento pelo setor público segundo dados da confederação nacional do transporte (CNT). Esta é uma das principais razões para a diminuição, em curto prazo, do volume de obras de implantação e/ou pavimentação de novas rodovias. Mas, apesar da escassez de recursos, este valioso patrimônio público deve ser conservado, devendo o planejamento das atividades de conservação rotineira e manutenção periódica a serem prioridade deste setor.

O estado do pavimento das rodovias tem influência significativa na economia de um país e por consequência no custo de vida de toda a sociedade. As condições precárias das estradas aumentar o custo operacional dos veículos, bem como o tempo de transporte, refletindo no aumento do valor do frete que, por sua vez, terá influência no valor final dos produtos transportados e, conseqüentemente, no poder de compra da população em geral.

A malha viária bem conservada permite um melhor escoamento das safras acelerando assim desenvolvimento da região, contribuindo para promover a indústria e o comércio, para melhorar a viabilidade das zonas urbanas, com o aumento dos

empregos, com a educação e com a geração de novas oportunidades (QUEIROZ et al., 1992).

Devido à crescente necessidade de reabilitar os pavimentos em função da limitada disponibilidade orçamentária, muitos órgãos estão utilizando os SGPs De qualquer forma para preservar os vultosos investimentos em pavimentos e maximizar os limitados recursos. Entretanto, apesar de duas décadas de uso, os SGPs mesmo implantados de forma contínua e prática, ainda não são amplamente utilizados pelos engenheiros rodoviários e pelo pessoal técnico - administrativo (KULKARNI e MILLER, 2003).

No entanto, fez-se necessário estabelecer mecanismos para garantir a manutenção deste grande patrimônio, avaliado, conforme DNER (1998), em 300 bilhões de dólares. Com este procedimento evita-se a degradação do Sistema Viário com prejuízos imensos à sociedade, tanto pela necessidade de reconstrução precoce em rodovias mal conservadas como pelo aumento do custo operacional dos veículos ou custo dos usuários.

Visto a importância da pavimentação das rodovias brasileiras nos últimos anos, as mudanças que ocorrem nessa conjuntura ainda são insuficientes para conferi-lhes a condições adequadas de segurança e qualidade tão esperada pelos usuários.

De acordo com o relatório de gerência do CNT (2012) as rodovias é a modalidade de transporte que representa cerca de 96,2% da locomoção de passageiros e a 61,8% da movimentação de cargas pesadas no País. Apesar das melhorias e investimentos ainda há pontos críticos que necessitam de atenção. O relatório indica que 52% do asfalto de nossas estradas estão em estado satisfatório que podem ser classificadas como ótimo ou bom.

1.1.1. Objetivos

Neste presente trabalho pretende-se diagnosticar as principais patologias em pavimentos asfálticos flexíveis, da Avenida Alberto Maranhão, situada em Mossoró – RN.

1.1.2 Objetivos Gerais

Descrever os tipos de pavimentos, conceituação, características físicas e mecânicas associadas e as principais patologias, bem como técnicas de recuperação mais apropriadas a cada tipo de patologia.

1.1.3 Objetivo Especifico

- a) Coletar informações da via, bem como histórico de construção e manutenção;
- b) Identificar as patologias ao longo da avenida;
- c) Efetuar levantamentos visuais contínuos, LVC, dos defeitos/severidades do trecho selecionado da Avenida;
- d) Efetuar a avaliação técnica, em função das estratégias de manutenção adotadas para um determinado projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pavimentação

Pavimentar, segundo Balbo (2007), é a atividade de construção de estrutura que visa primordialmente à melhoria operacional para o tráfego, independente de sua natureza, na medida em que é criada uma superfície mais regular e mais aderente, características que permitem, respectivamente, maior conforto no deslocamento e mais segurança em condições de pista úmida ou molhada.

No século XIX houve a expansão da utilização do cimento portland nas construções na, o concreto viria a ser utilizado na pavimentação de vias, como ocorreu em 1876 pela primeira vez em Grenoble (França). Em 1890, os pavimentos de concreto viriam ser utilizados na Alemanha e, a partir de 1909, implementado nos Estados Unidos, sendo que neste país já se contava, desde o início do século XX, com uma significativa produção de asfalto derivado de petróleo por refinamento para aplicação em pavimentos.

No Brasil, a pavimentação e o domínio de conhecimento técnico tem significativa defasagem de emprego em relação aos países desenvolvidos. Apenas no

ano de 1950, iniciou-se um vasto plano de pavimentação, inovador no Brasil, introduzindo a utilização da estabilização de solos com cimento e da estabilização granulométrica de materiais de construção viária, bem como o aproveitamento de solos granulares em pavimentos.

No final desta década, um fato de significativa importância foi a criação de uma comissão técnica especial dentro do âmbito do extinto DNER, que possibilitou o avanço das práticas e pesquisas tecnológicas concernentes à pavimentação de rodovias (Balbo, 2007).

2.2 Pavimento

Segundo Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao custo mínimo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação obrigatórios.

O pavimento pode ser compreendido como uma estrutura composta por múltiplas camadas com espessuras limitadas, executada de forma técnica e econômica sobre uma superfície final de terraplenagem com sua finalidade direcionada a suportar cargas oriundas do tráfego de veículos de médio e grande porte, afim de proporcionar aos seus usuários condições ideais de rolamento de forma econômica, segura e confortável (BERNUCCI, 2008).

Nesse sentido, estruturalmente o pavimento deve receber, aliviar e transmitir esforços sobre as camadas inferiores, geralmente menos resistentes. Todas as peças componentes do pavimento devem trabalhar deformações compatíveis com a sua natureza e capacidade, isto é, de modo que não ocorram processos de ruptura ou danificação de forma prematura e inadvertida dos materiais que constituem as camadas do pavimento. Balbo (2007).

De acordo com a ABNT NBR 7207, 09/2014, O pavimento é destinado econômica e simultaneamente em seu conjunto a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

2.3 Estruturas do pavimento flexível

As camadas que compõem a estrutura do pavimento classificam-se em subleito, regularização, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento e devem ser moldadas de forma que mesmo submetidas às cargas estáticas ou dinâmicas não sofram grandes deformações, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação. as estruturas de pavimentos são sistemas de camadas assentes sobre uma fundação chamada subleito. o comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do subleito, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento.

O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado, por exemplo, nos cortes de corpo de prova da estrada ou por um material transportado e compactado no caso de aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte quando o solo natural não apresentar capacidade mínima de suporte. o reforço de subleito é aplicável quando o subleito possui pequena resistência aos esforços verticais (cisalhamento). faz-se necessário incluir uma camada de solo de melhor qualidade, que sirva como reforço sobre sua superfície, de modo que a fundação subjacente a esse reforço receba pressões de menor magnitude, compatíveis com a sua resistência (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2008).

As bases e sub-bases são camadas cuja função é a resistir a esforços e estabelecer a drenagem sub superficial. nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2008). Para os materiais de base, sub-base e reforço do subleito empregam-se métodos de seleção e de caracterização de propriedades.

A seleção é uma etapa preliminar que consiste em averiguar os materiais disponíveis quanto às características de natureza para serem empregados na estrutura dos pavimentos. As características de natureza interferem nas propriedades geotécnicas no estado compactado. De maneira geral, os materiais de pavimentação compactados devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura. Os materiais são basicamente constituídos por agregados, solos e eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2008).

Esses materiais de base, sub-base e reforço do subleito são ainda classificados segundo seu comportamento frente aos esforços em: materiais granulares e solos, materiais estabilizados quimicamente ou cimentados e materiais asfálticos. Entende-se

por materiais granulares aqueles que não possuem coesão e que não resistem à tração, trabalhando eminentemente aos esforços de compressão. Os solos coesivos resistem à compressão principalmente e também à tração de pequena magnitude, graças à coesão dada pela fração fina.

Os materiais cimentados são materiais granulares ou solos que recebem adição de cimento, cal ou outro aditivo de forma a proporcionar um acréscimo significativo de rigidez do material natural e um aumento da resistência à compressão e à tração. Há ainda misturas asfálticas e solo-asfalto que se destinam à camada de base e que poderiam ser classificadas como coesivas. Nesse caso a ligação entre agregados ou partículas é dada pelo ligante asfáltico, sendo a resistência à tração bastante superior aos solos argilosos, por isso são enquadrados em classe diferente dos solos e dos materiais cimentados.

Os materiais mais empregados em pavimentação da classe dos granulares e solos são: brita graduada simples (BGS) e bica ou brita corrida, macadame hidráulico, macadame a seco, misturas estabilizadas granulometricamente (estabilizadas por combinação de materiais para atender certos requisitos ou mecanicamente), solo agregado, solo natural e solo melhorado com cimento ou cal.

Deve-se ressaltar ainda a existência de outros materiais de uso crescente em pavimentação, decorrentes de reutilização e reciclagem: escória de alto-forno, agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil e demolições, rejeitos de extração de rochas ornamentais, mistura asfáltica fresada e etc.

Os materiais cimentados mais frequentes são: brita graduada tratada com cimento (BGTC), solo-cimento, solo-cal, solo-cal-cimento e concreto rolado (CCR – concreto compactado a rolo). As misturas asfálticas são: solo asfalto, solo-emulsão, macadame betuminoso e base asfáltica de módulo elevado. O revestimento asfáltico é a camada constituída por associação de agregados e de materiais asfálticos. O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas.

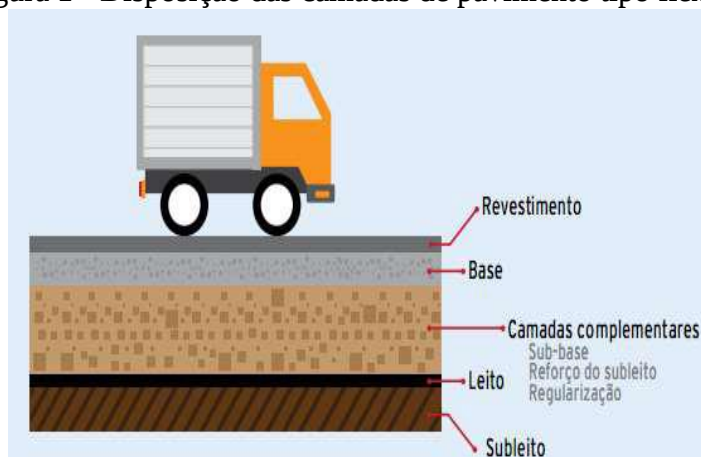
No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista.

De acordo com Pinto (2001) pavimento flexível é aquele tipo de pavimento em que todas as camadas presentes sofrem uma expressiva deformação elástica sob o carregamento aplicado e, no qual a carga se distribui em parcelas de maneira uniforme entre as camadas. Exemplo clássico são os pavimentos formado por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

Segundo o DNIT (2006) em todas as camadas do pavimento flexível ocorre deformação elástica significativa sob uma carga aplicada, de modo que a carga é distribuída em partes aproximadamente iguais entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhos, revestida por uma camada asfáltica.

Um concepção mais ampla para um melhor entendimento a esses requisitos e a estrutura do pavimento é importante saber que as camadas que compõe o pavimento agem no sentido de minimizar os esforços verticais produzidos pela ação do tráfego e, conseqüentemente, oferecer proteção ao subleito. Vale ressaltar que esse tipo de pavimento devem apresentar ao menos duas camadas essenciais são elas: o revestimento e a base e, quando necessário, conforme especificações de projeto, devem ser construídas as camadas complementares à base, como: a sub-base, a de reforço do subleito e/ou a camada de regularização (CNT, 2016). Como podemos observar na Figura 2

Figura 1 - Disposição das camadas de pavimento tipo flexível



Fonte: CNT (2016).

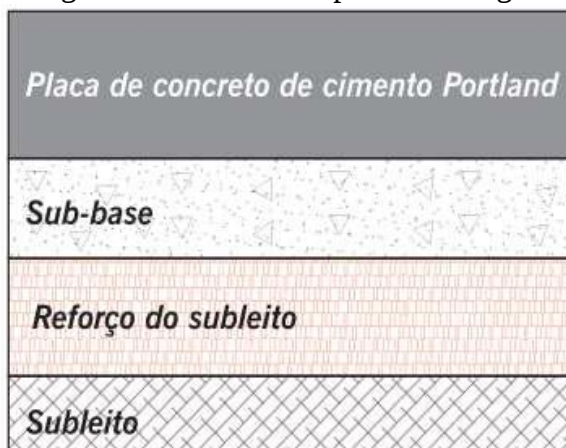
2.4 Tipos de pavimentos

Atualmente existem três tipos de pavimentos no manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT (2006). Classificam-se estes como: pavimento rígido, pavimento semirrígido e pavimento flexível.

2.4.1 Pavimento rígido

É aquele em que a camada de cobertura apresenta alta rigidez em relação à camada inferior, de modo que realmente absorva todas as tensões causadas pela carga aplicada. São aqueles associados ao concreto de cimento Portland, onde sua composição se dá por uma camada superficial de concreto, e podem ser placas de concreto armado ou não, apoiada sobre uma camada granular ou de material estabilizado com cimento a chamada sub-base, assentada sobre o subleito ou sobre um esforço do subleito necessário. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland, de acordo com o DNIT (2006). Como podemos observar na Figura 1.

Figura 2 - Estrutura do pavimento rígido



Fonte: BERNUCCI (2010).

2.4.2 Pavimentos semirrígidos

O manual de pavimentação do DNIT (2006) determina que o pavimento semi-rígido seja caracterizado por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, e um grau de deformabilidade maior que a do pavimento rígido e menor que a do pavimento flexível, sendo o mesmo constituído de uma base

semiflexível (solo cal, solo-cimento, etc.) como exemplo: uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

O pavimento semirrígido pode ser do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada, ou do tipo indireto ou invertido, quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada. (RAMOS, NAYARA, et al.,2017).

2.5 Patologias

As patologias são conhecidas como defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo o (DNIT 005/ 2003).

As patologias que se manifestam no pavimento flexível e são classificadas como defeitos de superfícies, ou seja, quando há exposição do ligante, dos agregados ou o desprendimento dos mesmos, e degradações superficiais que ocorre geralmente durante a construção do pavimento e como consequência afeta a composição granulométrica dos agregados, fazendo com que as misturas asfálticas produzidas no campo sejam diferentes daquelas que são projetadas nos laboratórios.

Deformações que ocorre devido a compactação complementar de camadas mal compactadas ou devido à ruptura por cisalhamento. Essas patologias podem ser imperfeições funcionais que se referem à capacidade do pavimento de satisfazer as suas funções, ou seja, é a determinação da capacidade do desempenho funcional momentânea e serventia que o pavimento proporciona aos usuários, além disso podem ser imperfeições estruturais.

Trincas Segundo o DNIT (005/2003), as trincas são fendas existentes no revestimento que podem ser facilmente visíveis a vista desarmada, possuindo uma abertura superior à da fissura e devem-se apresentar sob a forma de trinca isolada ou interligada.

Trinca Transversal De acordo com DNIT (005/2003) as trincas transversais são trincas isoladas que apresentam direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando essa apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca transversal curta e, quando apresentar extensão superior a 100 cm é denominado trinca transversal longa. A Figura 3 traz um exemplo de trinca isolada transversal.

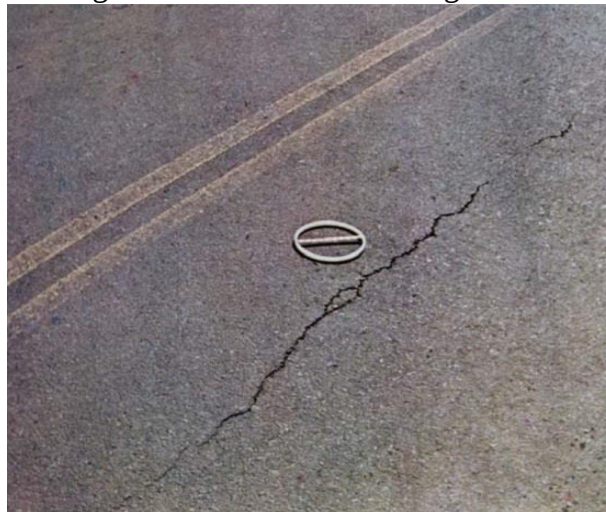
Figura 3 - Trinca Isolada Transversal



Fonte: DNIT (005/2003).

Trinca Longitudinal são trincas isoladas que apresentam direção predominante paralela ao eixo da via, demonstrada na figura 2. Quando a trinca apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta e, quando a extensão se apresentar maior que 100 cm são denominadas trinca transversal longa (DNIT 005/2003). A Figura 4 mostra um exemplo de trinca isolada longitudinal.

Figura 4 - Trinca Isolada Longitudinal



Fonte: DNIT (005/2003).

Trinca tipo “Couro de Jacaré” Segundo o DNIT 005/2003 é um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se a um aspecto estilo couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada e estágio avançado de fadiga. Primeiramente apresentam-se de forma isolada e, à medida que progridem com o tempo, interligam-se e ficam com o aspecto de pele de crocodilo

(SILVA, 2008). As trincas tipo couro de Jacaré são exemplificadas abaixo na imagem. Na Figura 5 pode-se ver um exemplo de trinca tipo couro de jacaré.

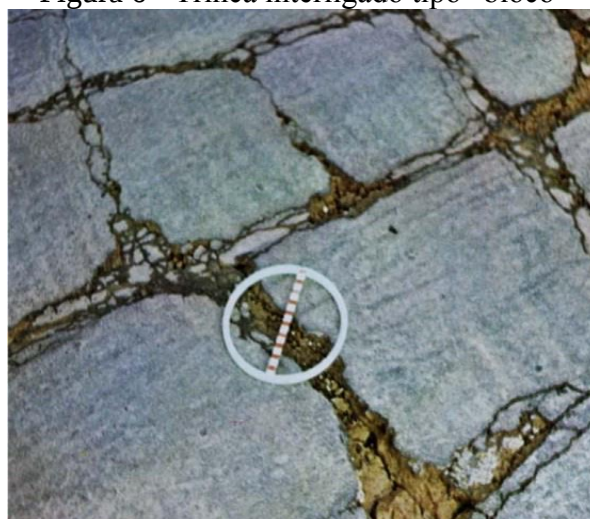
Figura 5 - Trinca tipo Couro de Jacaré



Fonte: (Bernucci, 2008).

Trincas tipo bloco, são trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas (DNIT 005/2003). A formação dessas trincas tipo bloco é um indicativo de que o asfalto sofreu forte endurecimento devido a sua oxidação ou volatilização dos maltenos, tornando-os menos flexíveis. Essas trincas se formam devido à retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura (SILVA,2008). Na Figura 6 temos um exemplo de trinca interligada tipo “bloco”.

Figura 6 - Trinca interligado tipo “bloco”



Fonte: DNIT (005/2003).

Afundamento de trilho de roda são deformações causadas por consolidação ou movimento lateral dos materiais quando sujeitos às cargas produzidas pelo tráfego. Segundo PINTO (2003) devido às deficiências na sua formação ou execução, altas temperaturas e por conta do tempo de aplicação das cargas, as pistas de rolamento acabam por não ter uma capacidade de carga adequada. Podem se formar rodeiras de pequeno raio que se formam em decorrência da baixa resistência à deformação plástica de misturas betuminosas e rodeiras de grande raio que se formam quando as camadas e as fundações não possuem capacidade suficiente de suporte. A figura 7 exemplifica o afundamento do trilho de roda.

Figura 7 - Afundamento de trilho de roda



Fonte: DNIT (005/2003-TER).

Ondulações ou corrugações de acordo com DNIT 005/2003 são deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. As corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações e comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. São decorrentes de fenômenos diferentes (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008). Na Figura 8 exemplifica um tipo de ondulação.

Figura 8 - Ondulação



Fonte: Dnit (005/2003).

Desgaste de acordo com DNIT 005/2003 o desgaste é o efeito do “arranchamento” progressivo do agregado do pavimento, o qual é caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. Onde há um avançado estágio de desgaste da superfície ocorre a extração gradativa dos agregados, consequência da ação abrasiva do tráfego, o que confere uma aspereza superficial (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2006). A figura 9 pode-se observar melhor um desgaste.

Figura 9 - Desgaste



Fonte: DNIT (005/2003).

Escorregamento é o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia lua (DNIT 005/2003). A baixa resistência da massa asfáltica ou a falta de aderência entre as

camadas de revestimento e a camada subjacente são os motivos para a formação dessas fendas em forma de meia lua. Os veículos são os responsáveis pela sua formação, resultado da frenagem (PINTO, 2008). A Figura 10 traz um exemplo de escorregamento.

Figura 10 - Escorregamento



Fonte: DNIT (2003)

Panelas são cavidades no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008). Essa patologia surge com a evolução de outras, como fendas, desgastes, afundamentos e falta de aderência entre camadas, formando um buraco ou cavidade no revestimento, suscetível a passar para a base (PINTO, 2003). Na Figura 11 temos um exemplo de panela.

Figura 11 - Panela



Fonte: DNIT (005/2003).

Exsudação do asfalto ocorre em sua superfície por conta da dilatação do asfalto no calor, o qual encontra dificuldade em ocupar espaço devido ao baixo volume de vazios ou ao excesso de ligante, havendo menor viscosidade do asfalto e consequentemente envolvimento dos agregados grossos e redução da macro textura. Tem sua forma brilhosa e isso se deve ao excesso de ligante betuminoso (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2006). Na Figura 12 podemos observar uma ilustração de exsudação.

Figura 12 - Ilustração da exsudação



Fonte: DNIT (005/2003).

Fissuras de acordo com DNIT 005/2003, são fendas de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 metros. Uma Norma foi elaborada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, baseada na norma DNIT 001/2002 – PRO, cancela e substitui a norma DNER – TER 001/78. Tendo como objetivo definir os termos técnicos empregados em defeitos “patologias” que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, e auxilia na padronização da linguagem adotada na concepção das normas, manuais, projetos e textos relativos a pavimentos semi-rígidos e flexíveis (DNIT,005/2003).

No item 3.9, anexo A e B, do DNIT (005/2003) especifica as trincas, codifica as outras patologias (defeitos) determinadas nesta norma e representa esquematicamente, conforme as Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Classificação e Codificação
Anexo A (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

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

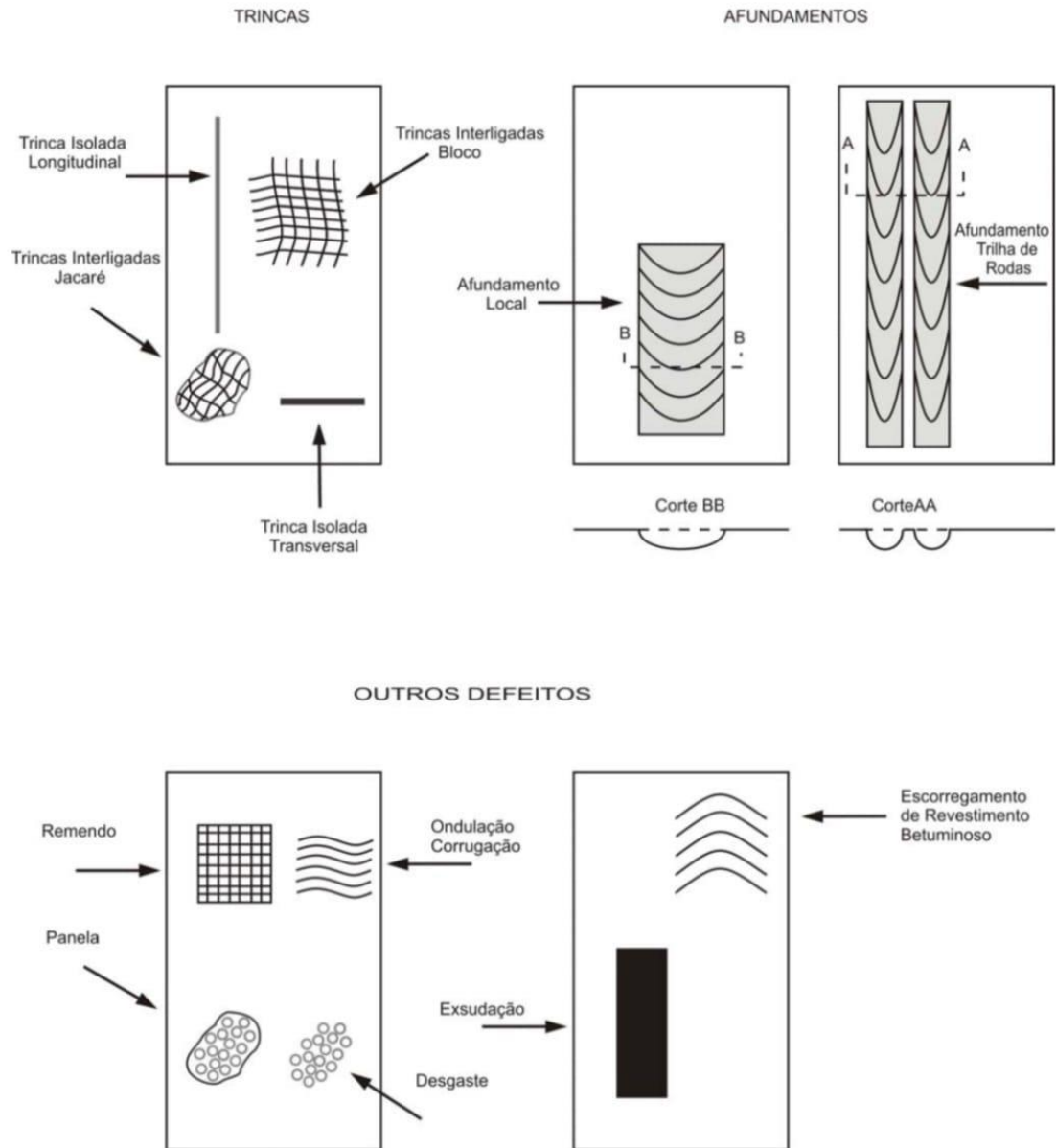
OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente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

Fonte: DNIT (005/2003).

Figura 14 - Representação das patologias

Anexo B (informativo)

Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos



Fonte: DNIT (005/2003).

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Como já visto, a manutenção dos pavimentos é extremamente importante para prolongar sua vida útil e proporcionar maior conforto e segurança aos condutores veiculares. Logo há a necessidade de utilizar os meios e ferramentas disponíveis a fim de analisar a real condição de serventia das rodovias acompanhadas.

A classificação da serventia do pavimento pode ocorrer através de avaliações subjetivas ou objetivas, onde as subjetivas são feitas mediante impressões obtidas por avaliadores ao percorrerem os segmentos estudados observando a capacidade da superfície da rodovia de satisfazer às exigências do tráfego, e as objetivas são realizadas com base em parâmetros que refletem o estado da superfície do pavimento (SILVA; OLIVEIRA; ARAÚJO, 2018).

A avaliação dos pavimentos é ainda uma peça fundamental para o sistema de gerenciamento dos pavimentos, pois é a base para a tomada de decisões no que tange as práticas de M&R (GABRIEL; VERDADE, 2021). Desse modo, serão retratados adiante os levantamentos funcionais próprios para pavimentos flexíveis e semirrígidos, segundo as indicações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

3.1 Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis

A DNIT 006/2003-PRO, acrescida a norma DNIT 007/2003-PRO dispõe de algumas especificações procedimentais para a determinação das ocorrências e deformações permanentes presentes nas trilhas de roda. Ocorrências são definidas por tabelas presentes nos anexos das normas citadas anteriormente, nos quais são avaliados defeitos com: trincas, afundamento (plástico ou de consolidação), ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panelas ou buracos. Com as trincas podendo ser classificadas como isoladas (transversais ou longitudinais) ou interligadas (em bloco ou com aparência de couro de jacaré).

Defeitos esses que foram detalhados no anterior. Para a aplicação desse modelo de avaliação são delimitadas estações a serem inventariadas (ou locais de análise). A norma especifica que a extensão a ser estudada, em cada estação inventariada, tem que ser de 3,00 m antes e 3,00 m depois para em seguida serem marcadas a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego).

Vale salientar que as superfícies avaliadas são delimitadas por meio de pinturas de demarcação com espessuras dos traços especificados por norma e numeradas com clareza para evitar dupla interpretação no momento do levantamento. O principal objetivo é determinar a flecha na trilha de roda, através de uma treliça de alumínio padronizada. Onde combinadamente serão visualizados, identificados, delimitados e registrados todos os outros defeitos.

Ao final da avaliação serão estratificados dois parâmetros:

FR, que é a frequência relativa (obtida através da fórmula $fa \times 100 / n$, onde fa é o número de vezes em que a ocorrência foi verificada e n é o número de estações inventariadas ou locais de análise);

FP, que é o fator de ponderação (tabelado em norma, variando de acordo com o defeito avaliado);

Importante frisar que os fatores de ponderação presentes referente às trincas interligadas mais graves, aos afundamentos, às panelas ou buracos, aos remendos, às ondulações ou corrugações e ao escorregamento por gerarem muito impacto apresentam índices maiores. Exceto as trincas em blocos, das ondulações e do escorregamento, os outros itens são os defeitos considerados, nas normas francesas, como defeitos de origem estrutural.

No caso destas normas, são os valores de maior peso no momento da avaliação do pavimento. Através do cálculo $fr \times fp$, gera-se o IGI (índice de gravidade individual) para cada defeito e o IGG (índice de gravidade global) que é a soma dos IGI's parciais. Gerado o resultado podem ser classificados de acordo com os intervalos abaixo:

- Péssimo ($IGG > 160$);
- Ruim ($80 < IGG < 160$);
- Regular ($40 < IGG < 80$);
- Bom ($20 < IGG < 40$);
- Ótimo ($0 < IGG < 20$);

Através desses parâmetros foi possível auxiliar a tomadas de decisões podendo assim termos mais embasamento.

3.2 Levantamento Visual Contínuo – LVC

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) trata-se de um método subjetivo de avaliação que permite indicar a condição da superfície do pavimento por meio de observações dos defeitos localizados em determinado trecho. Este método serve para a coleta da frequência de defeitos identificados e o estado de conservação do pavimento estudado, com objetivo de qualificar e quantificar o nível de defeitos presentes em determinada rodovia (DERT, 2001).

Ainda de acordo com o segundo DERT (2001), o objetivo do método é coletar dados úteis para a verificação do grau de deterioração do pavimento e seus resultados, servem de parâmetro para um sistema de gerencia de pavimento (SGP), esse sistema é definido como um conjunto de atividades integradas com planejamento, manutenção, avaliação, pesquisa e construção, são elas:

- Avaliação das condições da superfície dos pavimentos;
- Identificação dos segmentos críticos da malha rodoviária federal;
- Elaboração do programa de manutenção da Malha Rodoviária Federal;
- Verificação dos resultados de investimentos anteriores.

Segundo o DER (2006a) a avaliação dos dados coletados pelo LVC determina três índices técnicos, são eles:

- Valor de Serventia Atual – VSA;
- Índice de Defeitos de Superfície – IDS;
- Índice de Condição Funcional – ICF.

A norma especifica os procedimentos para que se possa executar o Levantamento Visual Contínuo (LVC) é a DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento.

A Norma citada, indica que o veículo deve ser operado a uma velocidade média aproximada de 40 km/h percorrendo a rodovia a ser estudada. Para que possam ser registradas as ocorrências dos defeitos presentes na superfície do pavimento. A abaixo veremos o detalhamento sobre os índices citados a acima com suas respectivas conceituação, formulários e pesos.

3.3 Índice de Defeitos de Superfície

O cálculo do Índice de Defeito de Superfície – IDS é determinado pela somatória da ponderação das frequências e pesos dos defeitos individuais obtidos no levantamento calculado de forma semelhante ao IGG indicado na norma do DNERPRO 008-78, utilizando-se a equação apresentada a seguir.

$$IDS = \Sigma(fi \times Pi) + \Sigma(Nj \times Pj)$$

Onde:

Fi: frequência individual dos seguintes defeitos: trincamento, flecha na trilha de roda, desgaste, ondulação e exsudação;

Pi: peso individual dos seguintes defeitos: trincamento, flecha na trilha de roda, desgaste, ondulação e exsudação;

Nj: número de ocorrências individual dos seguintes defeitos: panelas e remendos;

Pj: peso individual dos seguintes defeitos: panelas e remendos.

Com relação ao trincamento, que pode ser do tipo TR, TJ ou TB, devem ser considerados no cálculo do IDS apenas a frequência e peso que implicar no produto de maior valor. Nota-se que o defeito escorregamento de massa não é considerado para cálculo do IDS. Sendo assim o IDS pode ser 0 (zero) para a condição excelente, onde não é observado qualquer defeito, ou até o valor 1000, quando é verificada a ocorrência de todos os tipos de defeitos na frequência alta e em sua maior severidade.

A seguir serão apresentadas algumas tabelas dos valores mencionados para o Levantamento Visual Contínuo (LVC) do sistema de gerencia de pavimento do DER/SP (2006), para que se possa desenvolver um exercício de determinação do ICF mais à frente.

Na Tabela 1 encontra-se os valores para uma área total de abrangência dos defeitos e na Tabela 2 para o número de ocorrência para defeitos do tipo panela e remendo tanto a Tabela 1 quanto a Tabela 2 são relacionados aos pesos da frequência.

•Frequência

Tabela 1 - Frequência para todos os defeitos, exceto panela e remendo

Código	Conceito	Área total de abrangência – Atotal (%)	Valor Adotado para Cálculo do IDS
B	Baixa	$Atotal < 10$	5
M	Media	$10 \leq Atotal \leq 50$	30
A	Alta	$Atotal > 50$	75

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 2 - Frequência para panela e remendo (P e R)

Código	Conceito	Número de Ocorrências – n	Valor Adotado para Cálculo do IDS
B	Baixa	$n < 2$	2
M	Media	$2 \leq n \leq 5$	5
A	Alta	$n > 5$	10

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

•Severidade do defeito;

Nas Tabelas 3 até a Tabela 10 veremos a relação de severidade dos defeitos, onde as anotações deveram ser feitas conforme os valores obtidos.

Tabela 3 - Severidade e peso para trinca isolada (TR)

Severidade	Descrição	Peso
1	Trincas com abertura menor que 3 mm	0,10
2	Trincas com abertura maior que 3 mm e sem erosão de borda	0,32
3	Trincas com erosão de borda	0,64

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 4 - Severidade e peso para trincas em bloco e “jacaré” (TB e TJ)

Severidade	Descrição	Peso
1	Trincas com abertura menor que 3 mm	0,25
2	Trincas com abertura maior que 3 mm e sem erosão de borda	0,8
3	Trincas com abertura maior que 3 mm e com erosão de borda	1,6

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 5 - Severidade e peso para panela (P)

Severidade	Diâmetro aproximado da panela – D panela (cm)	Peso
1	$D_{\text{panela}} < 200,25$	15
2	$20 \leq D_{\text{panela}} \leq 40$	20
3	$D_{\text{panela}} > 401,6$	25

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 6 - Severidade e pesos para flechas na trilha de roda

Severidade	Profundidade - P (mm)	Peso
1	$P < 5$	0,75
2	$5 \leq P \leq 20$	1,5
3	$P > 20$	2,26

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 7 - Severidade e peso para desgaste (D)

Severidade	Descrição	Peso
1	Início de perda de betume	0,50
2	Agregado preso aparente	1,0
3	Perda de agregado (desagregação)	1,6

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 8 - Severidade e peso para remendo (R)

Severidade	Descrição	Peso
1	Em boas condições ou quase nenhuma desagregação	4
2	Com desagregação moderada	8
3	Muito deteriorado	13

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 9 - Severidade e peso para ondulação (O)

Severidade	Descrição	Peso
1	Leve	0,5
2	Média	1,0
3	Severa	2,0

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

Tabela 10 - Severidade e peso para exsudação (EX)

Severidade	Descrição	Peso
Não se Aplica	---	0,8

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

3.4 Valor de Serventia Atual – VSA

O DNIT (2006) apresenta uma metodologia subjetiva, chamada de Levantamento Visual para Avaliação da Superfície de Pavimentos Asfálticos, que determina o desempenho de uma via através de um padrão de serventia denominado Valor de Serventia Atual (VSA), também chamado de Present Serviceability Ratio (PST), internacionalmente. Essa avaliação é realizada por grupos de indivíduos que tenham competência de analisar as vias em estudo, conferindo ao trecho notas que varia de 0 (muito ruim) até 5 (muito bom).

Essa avaliação subjetiva da superfície dos pavimentos flexíveis, o DNIT 009/2003-PRO especifica alguns procedimentos para que possa ser feita a avaliação com embasamento adequado. O Valor de Serventia Atual – VSA é será determinado através de avaliações subjetivas efetuadas por um grupo de avaliadores que percorrem o trecho sob análise, registrando suas opiniões sobre a capacidade, quanto à suavidade e ao conforto.

Esse levantamento deverá obedecer a algumas diretrizes:

- As pessoas (avaliadores) devem ter sensibilidade para o trabalho a ser executado;
- Os trechos devem ter extensão fixa, aspecto uniforme e, de preferência,
- Devem ser pequenos para avaliação em espaço de tempo reduzido;
- Deverá ser utilizada uma ficha padrão;
- O trecho deve ser avaliado como se fosse uma rodovia de tráfego intenso e para veículos comerciais ou de passageiros;
- O aspecto a ser considerado é somente o atual, mesmo que haja possibilidade aparente de ruptura no futuro;
- A avaliação deve ser feita em condições climáticas favoráveis;
- Não devem ser levados em conta os aspectos geométricos da rodovia, nem os cruzamentos ferroviários, acessos a pontes, recalques de bueiros, outros;
- Devem ser considerados principalmente buracos, saliências, irregularidades transversais e longitudinais da superfície;

O VSA é resultado da somatória das notas atribuídas pelos avaliadores dividida pelo número de avaliadores no qual esta nota varia em uma escala de 0,0 à 5,0, a qual está relacionada ao conforto e segurança ao rolamento.

As notas serão relacionadas aos conceitos abaixo:

- Péssimo (entre 0 e 1);
- Ruim (entre 1 e 2);
- Regular (entre 2 e 3);
- Bom (entre 3 e 4);
- Ótimo (entre 4 e 5).

A Tabela 11 mostrará um detalhamento sobre os conceitos, descrições e classificações do VSA.

Tabela 11 - Conceituação para Valor de Serventia Atual (VSA)

Conceitos	Descrição	VSA
Ótimo	Necessita apenas de manutenção rotineira	$VSA > 4,0$
Bom	Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas (lama asfáltica/micropavimento)	$3,0 < VSA \leq 4,0$
Ruim	Pavimento trincado, com painelas pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal (correção de pontos localizados ou recapeamento)	$2,0 < VSA \leq 3,0$
Regular	Defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas –áremendos superficiais ou profundos (recapamento com correções prévias)	$1,0 < VSA \leq 2,0$
Pessimo	Defeitos localizados com correções prévias em toda a extensão. Deterioração do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base (reconstrução)	$VSA \leq 1,0$

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

3. 5 Índice de Condição Funcional – ICF

Índice de Condição Funcional – ICF A partir das ocorrências observadas na superfície do pavimento e de sua serventia, pode-se determinar o índice representativo da condição funcional da via, expresso pelo Índice de Condição Funcional – ICF, que varia de 0 a 10, da melhor para a pior condição.

Os valores do ICF (Tabela 12) juntamente com o código e o conceito atribuído ao estado da superfície do pavimento são determinados de acordo com a Tabela apresentada na sequência.

Tabela 12 - Índice de Condição Funcional - ICF

DESCRIÇÃO		ICF	CÓDIGO	CONCEITO
IDS < 65	VSA > 4	0	A	OTIMO
	VSA ≤ 4	1	B	BOM
65 ≤ IDS < 160	VSA > 3,5	2		
	VSA ≤ 3,5	3	C	REGULAR
160 ≤ IDS < 300	VSA > 2,5	4		
	VSA ≤ 2,5	5	D	RUIM
300 ≤ IDS < 530	VSA > 2,5	7		
	VSA ≤ 2,5	8	E	PESSIMO
IDS ≥ 530		10		

Fonte: Adaptada do DER/SP (2006)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em três etapas, a primeira etapa focou-se na revisão de literatura, a segunda parte foi focada para a avaliação de um trecho de pavimento de uma das principais avenidas da cidade de Mossoró/RN conforme dispõe o método de Levantamento Visual Contínuo - LVC, e a terceira e última etapa foi a realização da análise com base nesse levantamento, onde permitiu que fosse realizado um cálculo que gerasse o índice de serventia do trecho do pavimento estudado.

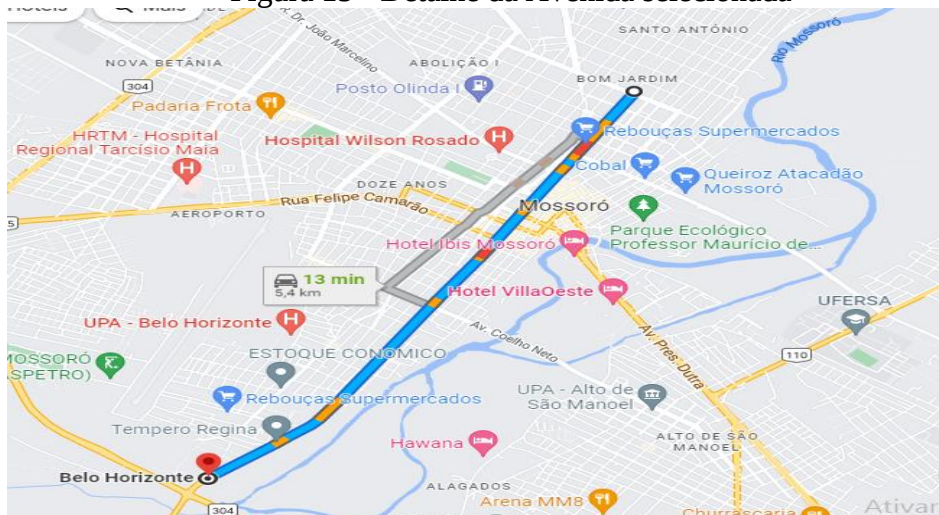
Na parte da revisão de literatura foram expostos tópicos importantes que serviram como fundamentação para a elaboração da pesquisa. Seguindo as orientações dispostas nessa fase da pesquisa, a pesquisa buscou gerar resultados e informações que outras monografias, artigos acadêmicos e dissertações alcançaram com a aplicação do método LVC no contexto de gerência de pavimentos flexíveis urbanos.

A segunda etapa foi baseada na revisão de literatura, aplicação da metodologia e sua respectiva classificação, para avaliação de pavimentos, caracterizou os tipos de defeitos e uma explanação a respeito do método de Levantamento Visual Contínuo – LVC e itens que serviram como ferramenta para a realização da avaliação da condição de serventia do pavimento asfáltico, ao longo da avenida Alberto Maranhão.

A terceira etapa foi a de análise dos dados obtidos com o levantamento e calculos do trecho selecionado, etapa que permitiu classificar a condição de serventia do pavimento estudado.

Vale ressaltar que as três etapas foram essenciais para que os objetivos da pesquisa fosse alcançados. O município escolhido foi o de Mossoró, localizado no Rio Grande do Norte o trecho selecionado foi o da avenida Alberto Maranhão. A via interliga a cidade e a BR 304, além de ser uma das principais entradas da cidade de Mossoró/RN, a mesma é considerada uma das vias mais importantes da cidade, pois além do intenso tráfego de veículos em determinadas época do ano recebe eventos. A Figura 15 traz um detalhamento do trecho.

Figura 15 - Detalhe da Avenida selecionada



Fonte: Google MAPS (2022)

O trecho corresponde a 7,8 km de extensão, o motivo pelo qual esse trecho foi escolhido é pelo fato de ser uma via que dá acesso diretamente ao centro da cidade, bem como interliga quatro bairros, que são Alto da Conceição, Centro, Bom Jardim e Barrocas. A seguir serão expostos os equipamentos utilizados para a aplicação do LVC. Para a realização deste levantamento visual contínuo foi necessário seguir algumas especificações disponíveis na norma, foram:

- a) Veículo de passeio;
- b) Câmera fotográfica;
- c) Tabela para contabilização dos dados.

Como descrito no parágrafo anterior o método empregado foi o Levantamento Visual Contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis. O método abrange o levantamento e coleta de dados, que foram representados pelos defeitos registrados, e conforme os registros foram classificados como, as trincas, os afundamentos, as ondulações, os escorregamentos, a exsudação, o desgaste, a panela ou buracos e remendos, onde posteriormente foram estratificados a sua frequência, e o grau de severidade, parâmetros que foram usados para calcular o Índice de Defeitos de Superfície - IDS, e indicar o Valor de Serventia Atual - VSA, e ao final chegar a uma conclusão através do Índice de Condição Funcional – ICF.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo o IBGE (2021) Mossoró/RN possui uma frota municipal de cerca de 184.301 veículos, esse alto índice de veículos exige muito dos pavimentos asfáltico flexíveis, tendo em vista que o constante tráfego faz com que o pavimento se desgaste rapidamente gerando o aparecimento de vários defeitos dos mais variados possíveis.

Após a seleção do trecho da avenida foi realizado um levantamento que contou, com registros fotográficos in loco, com o intuito de identificar a existência de patologias no pavimento local, na data de 12 de outubro de 2022, por volta das 09:00 horas, quando a intensidade do tráfego estava bastante reduzida.

Foi possível encontrar na avenida diversas irregularidades no pavimento que se distribuíam e repetiam ao longo da via analisada, a seguir os tipos de defeitos encontrados.

A frequência de defeitos encontrados na via analisada é apresentada na tabela a seguir, onde é possível visualizar a porcentagem de cada defeito, onde podemos ver que o desgaste e os remendos são frequentes, aparecendo em quase ou 100% da via. Já as panelas e as trincas do tipo bloco e couro de jacaré aparecem em menos de 50% dos da via e a exsudação e escorregamento, não foi verificado durante o levantamento. Como podemos ver na Tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição das patologias nos segmentos

PATOLOGIAS	SEM PATOLOGIA	BAIXA	MÉDIA	ALTA
PANELA	58%	5%	2%	35%
TRINCA ISOLADA	0%	17%	30%	52%
TRINCA JACARÉ	59%	26%	15%	0%
TRINCA BLOCO	71%	22%	3%	4%
REMENDO	0%	9%	22%	69%
AFUNDAMENTO	46%	22%	0%	32%
ONDULAÇÃO	33%	29%	12%	26%
DESGASTE	10%	51%	18%	21%
EXSUDAÇÃO	100%	0%	0%	0%
ESCORREGAMENTO	100%	0%	0%	0%

Fonte: (Autoria própria, 2022)

Um dos defeitos presentes na via e com severidade alta, dificultando, seriamente, as condições de conforto ao rolamento do pavimento foram as panelas. A Figura 16 a traz o registro do defeito que causam impactos e gera desconforto aos veículos que ali trafegam.

Figura 16 - Panela



Fonte: Autoria Própria (2022)

Outro grande problema encontrado, e que geram grandes impactos aos veículos, é o afundamento de consolidação, que de acordo com o DNIT 2003, se dá pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Como possui extensão superior a 6m, e está localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda. A Figura 17 traz o registro do afundamento na via.

Figura 17 - Afundamento



Fonte: Autoria Própria (2022)

Outra patologia encontrada foi o remendo que se mostrou bastante presente na via estando em quase toda a avenida analisada, a figura mostra a falta de uniformidade que esse tipo de defeito gera ao pavimento.

Foi possível detectar dois tipos, o remendo profundo e o remendo superficial, o primeiro devido a substituição do revestimento de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, apresentando forma retangular. O segundo e bem mais presente o remendo superficial de correção, em área localizada, esse foi constatado ao longo de quase todo o trecho. Como mostra a Figura 18.

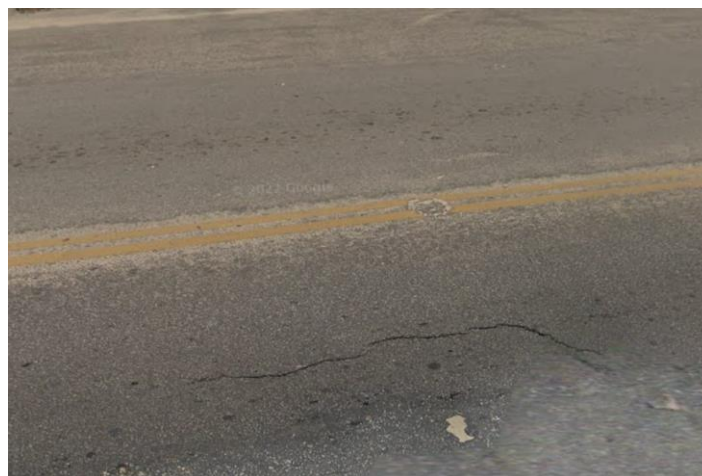
Figura 18 - Remendo



Fonte: Autoria Própria (2022)

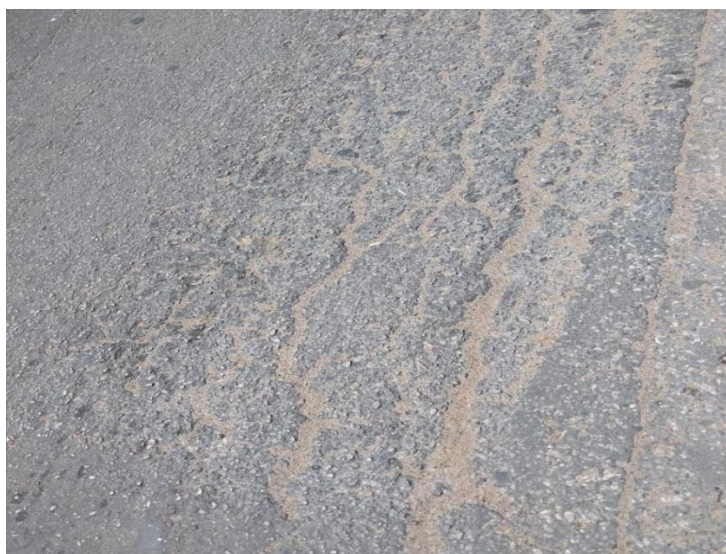
Já as trincas detectadas foram do tipo trinca transversal curtas seguida de trincas longitudinais curtas, e trincas do tipo couro de jacaré, como mostram as Figuras 19 á 21 a seguir:

Figura 19 - Trinca transversal curta



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 20 - Trincas longitudinais



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 21 - Trinca do tipo couro de jacaré



Fonte: Autoria Própria (2022)

Outros defeitos que foram detectados defeitos que não entram nos cálculos dos índices de avaliação da serventia, entretanto que apresentam os mesmos desníveis que os buracos, são defeitos gerados pela má execução de serviços de esgotamento sanitário da companhia local. A Figura traz o detalhe desse defeito.

Figura 22 - Outros de feitos



Fonte: Autoria Própria (2022)

A princípio foi determinado o Valor de Serventia Atual – VSA, posteriormente, os defeitos serão classificados conforme a sua severidade para assim gerar os pesos que possibilite o cálculo dos Índice de Defeito de Superfície – IDS. A partir desses dois parâmetros será indicado o Índice de Condição Funcional – ICF, índice que indica a condição em que o trecho de pavimento analisado se encontra.

O Levantamento Visual Contínuo – LVC estratifica-se os defeitos presentes no trecho analisado. Vale lembrar que a classificação dos defeitos foi conforme os valores presentes nas tabelas do manual do DER (2006), onde indicam o parâmetro VSA e a frequência e os pesos para o cálculo do parâmetro IDS. Seguindo essa sequência e consultando a Tabela 11, do item 3.4, foi atribuído o valor do VSA de 1,0 (conceito “Péssimo”) para a via analisada, esse valor se justifica pelo fato da avenida apresentar defeitos bastante generalizados na sua parte inicial que da acesso a BR 304, com correções prévias em áreas localizadas e remendos superficiais ou profundos (recapeamento com correções prévias).

A determinação do parâmetro IDS foi realizada com base nos defeitos localizados pelo LVC, defeitos que foram computados conforme a sua frequência, grau de severidade e peso, para deste modo entrarmos na equação que determina o Índice de Defeitos de Superfície – IDS: Identificados os problemas, agora será determinado o peso equivalente conforme a frequência do defeito e sua respectiva severidade, logo em

seguida faremos o cálculo do IDS do trecho de pavimento da Av. Alberto Maranhão em Mossoró/RN.

•Cálculo do IDS da Avenida Alberto Maranhão:

$$IDS = \Sigma(fi \times Pi) + \Sigma(Nj \times Pj)$$

$$IDS = [(30 \times 0,32) + [(30 \times 1,6) + (30 \times 1,5) + (30 \times 2,0) + (5 \times 1,0) + (5 \times 1,60)] + [(10 \times 20) + (10 \times 13)]$$

$$IDS = 175,6 + 330$$

$$IDS = 505,6$$

Como podemos analisar o IDS da via foi de 505.6, um valor bastante alto que nos indica uma presença de defeitos bem intensos. Por fim, com os parâmetros VSA e IDS determinados e com o auxílio da tabela 12 do item 3.5 foi gerado o Índice de Condição Funcional – ICF do trecho de pavimento da Avenida Alberto Maranhão em Mossoró/RN, determinando-se o código “E” e o conceito atribuído a condição que superfície da via apresenta e consultando a tabela o valor encontrado para o ICF deste trecho foi de “8”, o que indica que para o trecho estudado o conceito do ICF é classificado como “péssimo”. A Tabela 14 podemos ver um resumo das condições que o trecho da avenida analisada se encontra conforme os parâmetros percorridos nesse tópico.

Tabela 14 - Valores e conceitos dos parâmetros da avaliação

Trecho Analisado	VSA		IDS	ICF		
	Valor	Conceito		Valor	Código	Conceito
Avenida Alberto Maranhão-Mossoró/RN	1,0	Péssimo	505,6	8	E	Péssimo

Fonte: Autoria Própria (2022)

Por meio do levantamento feito em campo, foi possível preencher o formulário de avaliação do Levantamento Visual Contínuo, representado abaixo pela Tabela 15, que expõe todos os defeitos visualizados nos trechos examinados. Além disso, a tabela apresenta o valor determinado para o índice ICF, a todos os segmentos, e seus respectivos conceitos, onde se pode observar que: os valores estabelecidos variaram e

que os únicos conceitos definidos foram ruins e regulares. Como podemos observar na Tabela 15 a seguir:

Tabela 15 - Levantamento das patologias e classificação ICF

TRECHO	FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, S)										ICF	CONCEITO
	P	TR	TJ	TB	R	AF	O	D	EX	E		
1	A	M	B	B	A	A	M	A			2	RUIM
2	M	B		B	M	A	A	A			1	PESSIMO
3	B	M		B	M	A	A	B			1	PESSIMO
4	B	M			M		M	B			3	REGULAR
5	B	B			A			A			3	REGULAR
6	M	B		M	A			A			3	REGULAR
7	A	A		B	A		B	A			2	RUIM

Fonte: (Adaptação de DNIT, 2003a, p. 08)

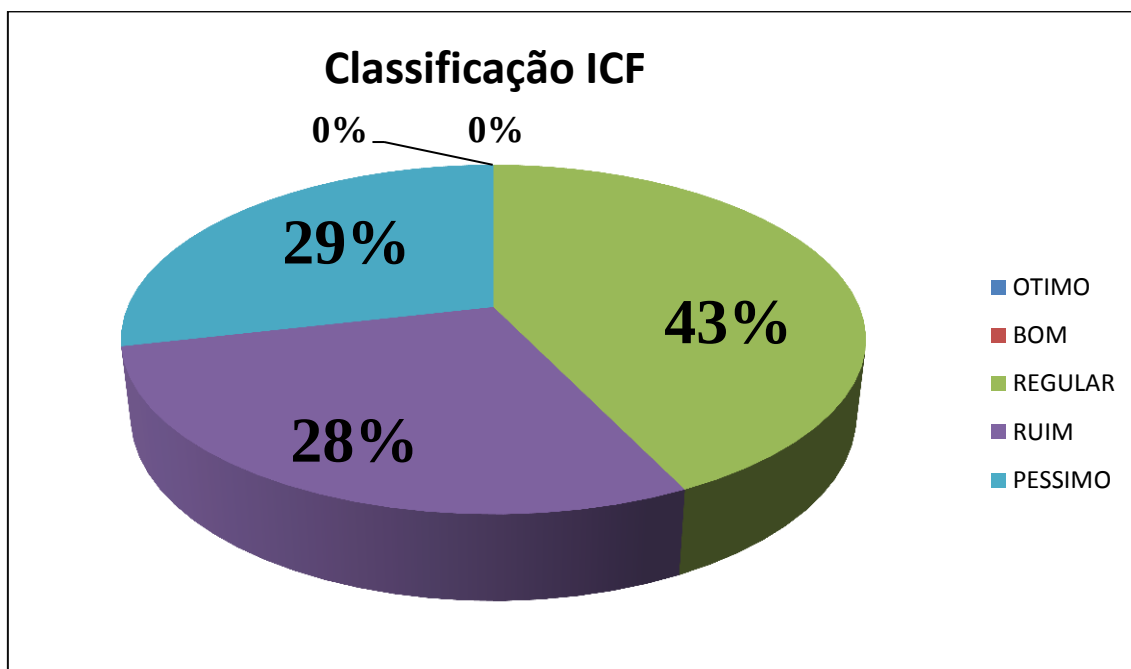
A respeito dos resultados encontrados, a maioria dos trechos analisados possui condições regulares de serventia. Nesse nível, as intervenções adequadas a se tomar são: a correção de pontos localizados, utilizando, por exemplo, remendos e selagem de trincas; e o recapeamento em trechos que estejam com um processo de degradação mais elevado, podendo-se considerar a aplicação de capa selante.

Por ser muito extensa o estudo da avenida foi dividida em 7 trechos, cada um com 1,1 Km, onde os trechos 2 e 3 foi de onde se iniciou o estudo da avenida, foram os únicos com nível considerado péssimo, logo, nesses trechos será necessária uma intervenção diferente e bastante extensa que a dos outros segmentos que estão regulares. As condições ruins da superfície de pavimentação demonstram de acordo a tabela de conceitos do ICF, que o pavimento precisa de recapeamento com correções prévias, ou seja, o micro revestimento com mistura densa, para voltar a condições aceitáveis de qualidade para atender suas demandas.

O gráfico 1, apresenta, traz a classificação do nível de serventia do pavimento segundo o ICF, que como mencionado anteriormente tem uma classificação própria, atribuída segundo a percepção do avaliador, com base na análise das frequências de

defeitos e descrição das condições da via na sua tabela de conceitos. Pode-se observar que 43% do pavimento encontra-se em estado regular, 28% em situação ruim e 29% em estado péssimo, os demais conceitos não tiveram porcentagem significativa.

Gráfico 1: Classificação do nível de serventia dos trechos segundo o ICF



Fonte: (Autoria própria, 2022)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da pesquisa realizada cumpriu os seus objetivos, visto que o Levantamento Visual Contínuo gerou dados que indicasse os parâmetros IDS e VSA, para chegar ao Índice que avaliou a atual condição de severidade que o trecho estudado se encontra.

O conhecimento técnico adquirido através de estudos bibliográficos, normas regulamentadoras, artigos, estudo de caso e registros fotográficos in loco, possibilitou reconhecer e identificar as patologias existentes no local, causas prováveis como alto fluxo de veículos, excesso de carga por eixo dos veículos, materiais de origens duvidosas e falhas no processo de execução e, por último mas não menos importante, sugerir possíveis técnicas de reparo, entre elas: micro revestimento asfáltico, remendos e recapeamento estrutural.

Os dados coletados na pesquisa revelaram que a avenida selecionada obteve ICF nota 8, código “E” e foi classificado como “péssimo” o que indica que o trecho analisado não possibilita conforto ao rolamento e segurança para os seus usuários. Na análise feita pode-se destacar expressiva quantidade de ondulações e principalmente a quantidade de remendos que a avenida dispõe, dois tipos de defeitos que contribuíram diretamente para que o resultado chegasse à conclusão de “péssimo”.

Levando em consideração a importância da avenida para a cidade que por muitos é considerada um cartão postal, por sua extensão e por interligar vários bairros da cidade, além de atravessar os principais pontos turísticos do município e buscando as melhorias para Mossoró/RN a pesquisa serve como base para trabalhos futuros no que relaciona a determinação das prováveis causas dos defeitos encontrados, nos custos que eles representam para a população e medidas de recuperação que podem ser feitas para que o pavimento apresente melhores condições para o uso.

7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. T. O.; FERNANDES, R. E. C.; BERTEQUINI, A. B. T. **Patologias em pavimento flexível**. XVII ENPEX. São Paulo, UNITOLED, 2018.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE – CNT. **Anuário CNT do Transporte 2021**. Brasília, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 005 - TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 006 - PRO**. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003d.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 008 - PRO**. Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 009 - PRO**. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Plano Nacional de Manutenção Rodoviária**. Brasília, 2018.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>> Acesso em: 29 de outubro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/pesquisa/22/0>>. Acessado em 18 de out. 2022.

MARTINS, R. B. B.; MACÊDO, A. N.; NEVES, R. N.; MARTINS, V. W. B. Análise da manutenção de pavimentos urbanos: uma proposta de implantação de um sistema de gerência de pavimentos. **IBEROAMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING**. v. 13, n. 25, 2021.

SILVA, J. P. O; OLIVEIRA, F. H. L; ARAÚJO, D. B. C. Análise funcional comparativa de trecho da BR-116 no estado do Ceará. **REVISTA TECNOLOGIA**. v.39, n.2, 2018.

PINTO, Salomão. ENERSTO, Preussler. **Pavimentação Rodoviária - Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2001.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: s.pinto, 2002.