



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS CARAÚBAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

RENATA MARIA DA SILVA PAIVA

**USO DE FERRAMENTAS DE GEORREFERENCIAMENTO PARA
CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS URBANOS: ESTUDO DE
CASO NA CIDADE DE CARAÚBAS-RN**

CARAÚBAS

2022

RENATA MARIA DA SILVA PAIVA

**USO DE FERRAMENTAS DE GEORREFERENCIAMENTO PARA
CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS URBANOS: ESTUDO DE
CASO NA CIDADE DE CARAÚBAS-RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Lorrان Gaia Ferreira

CARAÚBAS

2022

RENATA MARIA DA SILVA PAIVA

**USO DE FERRAMENTAS DE GEORREFERENCIAMENTO PARA
CARACTERIZAÇÃO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS URBANOS: ESTUDO DE
CASO NA CIDADE DE CARAÚBAS-RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 08 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



Wellington Lorrán Gaia Ferreira, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

WENDEL SILVA

CABRAL:

Assinado de forma digital por

WENDEL SILVA CABRAL: [Redacted]

Dados: 2022.06.20 11:28:41 -03'00'

Wendel Silva Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

ALISON KAIO DANTAS

PEREIRA:

Assinado de forma digital por ALISON

KAIO DANTAS PEREIRA: [Redacted]

Dados: 2022.06.20 21:41:47 -03'00'

Alison Kaio Dantas Pereira, Engenheiro Civil, Esp. (UFERSA)

Membro Examinador

© 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.

P142u Paiva, Renata Maria da Silva.
Uso de ferramentas de georreferenciamento para
caracterização de defeitos em pavimentos urbanos:
estudo de caso na cidade de Caraúbas-RN / Renata
Maria da Silva Paiva. - 2022.
55 f. : il.

Orientador: Wellington Lorrán Gaia Ferreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Vias Urbanas. 2. Defeitos. 3. Condição
Superficial. 4. Georreferenciamento. I. Ferreira,
Wellington Lorrán Gaia , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

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.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pelo dom da vida, por ter dado força e determinação para superar as dificuldades do dia a dia.

À minha família, em especial à minha mãe, Eliene Maria da Silva, que me deu todo suporte e incentivo durante essa caminhada.

As amigas construídas na Residência Universitária, por cada momento de dificuldade e superação que compartilhamos, além de todos os momentos de descontração que tivemos.

Ao meu orientador, Wellington Lorrán, por todas as orientações e contribuições desde o início do meu trabalho.

Dedico o presente trabalho à minha mãe, uma pessoa que nunca mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa, sempre lutou e me aconselhou durante meu curso e nos momentos difíceis da minha caminhada.

RESUMO

O aumento do tráfego nas áreas urbanas, especialmente quando não há o devido planejamento, contribui para a degradação do pavimento de forma mais rápida. Dessa forma, é preciso acompanhar periodicamente a condição do pavimento a fim de garantir segurança e conforto aos usuários. Porém, os recursos financeiros, principalmente em cidades de pequeno porte, são escassos, o que limita o alcance das estratégias de manutenção. Ademais, a ausência de dados com relação a condição da superfície dos pavimentos ao longo dos anos, restringe o diagnóstico adequado dos problemas observados nas vias urbanas. Nesse contexto, este trabalho teve como propósito mapear os defeitos do pavimento, analisar a condição superficial e por meio dessa análise propor alternativas de manutenção para vias pavimentadas da cidade de Caraúbas/RN. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de georreferenciamento, como o aplicativo UTM *Geo Map* e o *software* QGIS, para analisar a distribuição espacial dos defeitos através de mapas temáticos. O método utilizado para avaliação da condição superficial do pavimento foi uma adaptação da norma DNIT 008/2003 – PRO que estabelece os procedimentos exigíveis para a avaliação da superfície dos pavimentos através do método de Levantamento Visual Contínuo (LVC). A coleta de dados realizada por meio do aplicativo UTM *Geo Map* tornou o método do LVC mais preciso, dispensando o uso de um veículo, sendo possível quantificar melhor os defeitos na via urbana. Com os dados georreferenciados, o Índice de Condição do Estado (IES) do pavimento foi obtido e comparado com um estudo semelhante realizado em 2018, e através de mapas temáticos, foi possível visualizar a distribuição dos defeitos, correlacionando esses dados com zonas de maior volume de tráfego. Com base no resultado da avaliação, foram identificadas as vias que necessitam de prioridade de manutenção e sugeridas atividades de manutenção com base na norma. O método adotado no presente estudo para caracterizar a condição superficial de vias urbanas se mostrou eficaz, econômico e de fácil aplicação, principalmente para cidade de pequeno porte.

Palavras-chave: Vias Urbanas; Defeitos; Condição Superficial; Georreferenciamento.

ABSTRACT

Increased traffic in urban areas, especially when there is no proper planning, contributes to pavement degradation rapidly. In this way, it is necessary to periodically monitor the condition of the pavement in order to ensure safety and comfort to users. However, financial resources, especially in small cities, are scarce, which limits the scope of maintenance strategies. Furthermore, the absence of data regarding the condition of the pavement surface over the years restricts the proper diagnosis of the problems. In this context, this essay aimed to map the defects of the pavement, analyze the surface condition and through this analysis propose maintenance alternatives for paved roads in the city of Caraúbas/RN. For this, georeferencing tools such as the UTM Geo Map application and the QGIS have been used, to analyze the spatial distribution of defects through thematic maps. The method used to assess the surface condition of the pavement was an adaptation of the DNIT 008/2003 – PRO norm which establishes the procedures required for the evaluation of the surface of the pavements through the Continuous Visual Survey (CVS) method. Data collection through the application UTM Geo Map made the CVS method more accurate, without the use of a vehicle, making it possible to better quantify defects in the urban street. With the georeferenced data, the Pavement State Condition Index (PSC) was obtained and compared with a similar study conducted in 2018, and through thematic maps it was possible to visualize the distribution of defects, correlating this data with zones with higher traffic volume. Based on the outcome of the evaluation, the pathways that require maintenance priority and suggested maintenance activities based on the norm were identified. The method adopted in the present essay to characterize the surface condition of urban streets proved to be effective, economical and easy to apply, especially for small cities.

Keywords: Urban Roads; Defects; Superficial Condition; Georeferencing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do pavimento flexível -----	16
Figura 2 – Fissuras -----	18
Figura 3 – Trinca Transversal (a); Trinca Longitudinal (b); Trinca de Retração (c) -----	19
Figura 4 – Trinca do tipo” Bloco” (a); Trinca do tipo “Couro de Jacaré” (b)-----	20
Figura 5 – (a) Afundamento Plástico de Trilha (b); Afundamento de Consolidação Local; (c) Afundamento de Consolidação de Trilha de Roda -----	21
Figura 6 – Corrugação (a); Escorregamento (b) -----	22
Figura 7 – Exsudação (a); Remendo (b) -----	22
Figura 8 – Desgastes (a); Panela ou Buraco (b) -----	23
Figura 9 – Recapeamento -----	29
Figura 10 – Aplicação de lama asfáltica -----	30
Figura 11 – Aplicação do microrrevestimento-----	30
Figura 12 – Aplicação da selagem de trincas -----	31
Figura 13 – Principais componentes de um SIG-----	33
Figura 14 – Tela inicial do QGIS -----	35
Figura 15 – Representação das etapas do trabalho -----	36
Figura 16 – Localização da cidade de Caraúbas-RN-----	37
Figura 17 – Trechos analisados -----	38
Figura 18 – Defeitos catalogados no aplicativo UTM Geo Map-----	39
Figura 19 – Mapa da distribuição das vias e dos bairros de Caraúbas/RN-----	42
Figura 20 – Mapa da distribuição dos defeitos catalogados -----	43
Figura 21 – Quantidade e extensão de defeitos encontrados em cada trecho -----	44
Figura 22 – Conceito da avaliação pelo método LVC-----	46
Figura 23 – Trechos com prioridade de manutenção -----	49
Figura 24 – Alternativa de manutenção de cada trecho analisado -----	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência de defeitos -----	25
Tabela 2 – Conceitos do ICPF -----	25
Tabela 3 – Determinação do índice de gravidade -----	26
Tabela 4 – Pesos para cálculos -----	26
Tabela 5 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento-----	27
Tabela 6 – Alternativas de manutenção-----	32
Tabela 7 – Extensão dos tipos de revestimentos encontrados nas vias-----	41
Tabela 8 – Fatores e pesos considerados no cálculo do IGGE para o trecho 7 -----	45
Tabela 9 – Resultado da avaliação do LVC -----	45
Tabela 10 – Comparação da avaliação do pavimento-----	47
Tabela 11 – Vias com prioridade de manutenção -----	48
Tabela 12 – Alternativa de manutenção para cada trecho avaliado-----	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	CONCEITO DE PAVIMENTO	15
3.2	CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	15
3.3	CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	16
3.4	DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	17
3.4.1	Tipos de defeitos dos pavimentos flexíveis	17
3.4.1.1	Fenda	18
3.4.1.1.1	<i>Fissuras</i>	<i>18</i>
3.4.1.1.2	<i>Trincas</i>	<i>18</i>
3.4.1.2	Afundamento	20
3.4.1.2.1	<i>Afundamento Plástico</i>	<i>20</i>
3.4.1.2.2	<i>Afundamento de Consolidação</i>	<i>20</i>
3.4.1.3	Corrugação e Escorregamento	21
3.4.1.4	Exsudação e Remendo	22
3.4.1.5	Desgaste e Panela ou Buraco	23
3.5	Avaliação da Superfície de Pavimentos Asfálticos	23
3.5.1	Levantamento Visual Contínuo (LVC)	24
3.6	MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS	27
3.6.1	Conservação	27
3.6.2	Melhoramento	28
3.6.3	Restauração	28
3.6.4	Reabilitação	28
3.7	OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO	29
3.7.1	Remendos	29
3.7.2	Capa Selante	29
3.7.3	Lama Asfáltica	30
3.7.4	Microrrevestimento	30
3.7.5	Selagem de Trincas	31
3.8	ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO	31

3.9	GEORREFERENCIAMENTO	32
3.9.1	Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	32
3.9.2	Componentes de um SIG	33
3.9.3	Softwares de Geoprocessamento.....	34
3.9.3.1	QGIS.....	34
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
4.2	LEVANTAMENTO EM CAMPO	37
4.2.1	Levantamento Visual Contínuo – LVC.....	39
4.3	CÁLCULOS PARA A AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO.....	40
4.4	HIERARQUIZAÇÃO DAS PRIORIDADES DE MANUTENÇÃO.....	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1	PANORAMA GERAL DAS VIAS DE CARAÚBAS/RN	41
5.2	AVALIAÇÃO DAS VIAS PELO MÉTODO LVC	42
5.2.1	Condição do Pavimento em 2018 versus Condição do Pavimento em 2022	47
5.2.2	Hierarquização das Prioridades de Manutenção	48
5.2.3	Alternativas de Manutenção	49
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXOS	56

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura viária nas cidades brasileiras é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento social e econômico do país, pois possibilita o deslocamento de cargas e pessoas de forma segura, rápida e econômica. Por esse motivo, é importante que o pavimento esteja sempre em bom estado de conservação reduzindo custos de manutenção de veículos sem afetar a fluidez do tráfego urbano. Dessa forma, o monitoramento da superfície do pavimento deve ser realizado constantemente (SOUZA, 2019).

Segundo Bernucci *et al.*, (2010), o pavimento consiste em uma estrutura que possui diversas camadas, sendo construídas e destinadas, técnica e economicamente, a resistir aos esforços originados pelo tráfego. Já para Balbo (2007), a pavimentação tem como objetivo proporcionar condições de tráfego seguro e confortável, com estrutura e materiais capazes de resistir aos esforços oriundos do tráfego e as condições climáticas. Nesse contexto, o revestimento do pavimento, isto é, a camada mais externa que está diretamente em contato com o meio ambiente tem função fundamental, pois revestimentos com condições de superfícies inadequadas podem interferir no padrão de condução dos veículos, no consumo de combustível, na ocorrência de acidentes e outros.

Nas cidades brasileiras, em especial as de pequeno e médio porte (cidade com menos de 200 mil habitantes), não é dada a devida importância para as fases de planejamento e manutenção das estruturas do pavimento. Na maior parte dos casos, não há estudo detalhado para definir o tipo de pavimento adequado para a realidade de cada zona urbana considerando questões técnicas, tais como o tráfego nas vias e a capacidade dos sistemas de drenagem, bem como a otimização dos recursos financeiros dado o limite orçamentário dos municípios. Portanto, o mau planejamento faz com que grande parte das vias apresentem um elevado e precoce grau de deterioração nos primeiros meses ou anos de vida, que combinado com a ausência de estratégias de manutenção preventiva e eficientes, aumentam os custos de manutenção e reabilitação dessas estruturas (BERTOLLO, 1997).

Além disso, devido à situação econômica do país, e do alto custo de alguns tipos de pavimentos, torna-se cada vez mais importante realizar um bom planejamento para utilizar o dinheiro público. É preciso priorizar a manutenção das vias que possuem um maior nível de degradação do pavimento utilizando os recursos disponíveis da melhor forma possível. Outro ponto importante é identificar esses defeitos precocemente, pois diminui os custos de manutenção. Por esses motivos, deve ser feito regularmente inspeções no pavimento, a fim de acompanhar a evolução dos defeitos e intervir no momento adequado.

Para avaliar as condições da superfície dos pavimentos urbanos, é comum utilizar métodos tradicionais recomendados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O processo de coleta de dados em campo requer tempo e uma equipe especializada para realizar os levantamentos periodicamente. Segundo Danieleski (2004), a avaliação da superfície do pavimento é realizada para verificar a condição funcional da estrutura, identificando patologias por meio de procedimentos normatizados. São considerados defeitos de superfície aqueles resultantes da deterioração do pavimento devido ao tráfego, clima, características físicas dos materiais e ações antrópicas seja por qualquer motivo causado pela ação humana.

Nesse contexto, uma alternativa para auxiliar na avaliação da condição superficial dos pavimentos é fazer o uso de ferramentas que georreferencie os defeitos nos pavimentos. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são ferramentas que capturam e apresentam dados distribuídos de forma espacial, e através dessas ferramentas, de forma econômica, fácil e segura é possível mapear os defeitos nos pavimentos ao longo dos anos. Assim, essas ferramentas podem auxiliar na tomada de decisões em relação às áreas pavimentadas com prioridade para as atividades de manutenção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a condição da superfície dos pavimentos asfálticos da cidade de Caraúbas/RN através da adaptação da norma do DNIT 008/ 2003 - PRO com o auxílio de ferramentas gratuitas de georreferenciamento, a fim de fornecer informações que subsidiem a tomada de decisões com relação às vias urbanas que possuem prioridade de manutenção.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Georreferenciar os defeitos de superfície identificados na zona urbana da cidade de Caraúbas/RN;
- Diagnosticar o estado da condição superficial dos pavimentos utilizando uma adaptação do método LVC;
- Propor alternativas de manutenção com base nos dados coletados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITO DE PAVIMENTO

O pavimento é uma estrutura que possui diversas camadas construídas sobre terraplanagem e destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços verticais provenientes do tráfego e das condições climáticas, oferecendo aos seus usuários melhores condições de rolamento, com conforto, segurança e economia (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento é definido como uma estrutura composta por camadas em que matérias que possuem resistência e deformabilidade diferentes são colocados em contato, no que resulta em grande complexidade em relação ao cálculo de tensões, deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas aplicadas pelo tráfego.

A condição de um pavimento é definida pelo conforto de rodagem e visual, capacidade de suportar esforços e segurança. Para ser considerado um pavimento bom, tanto no ponto de vista do usuário quanto no do gerenciador de rede, deve possuir uma superfície de rolamento bem conservada, suportar cargas satisfatoriamente, possuir uma interface entre pneu-pavimento segura tanto na frenagem quanto no rolamento, e ter boa aparência (DANIELESKI, 2004).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com o DNIT (2006), os pavimentos são classificados em: flexíveis, semirrígidos e rígidos. Além do material do revestimento, o que os difere é a forma de como as tensões são distribuídas pelas suas camadas.

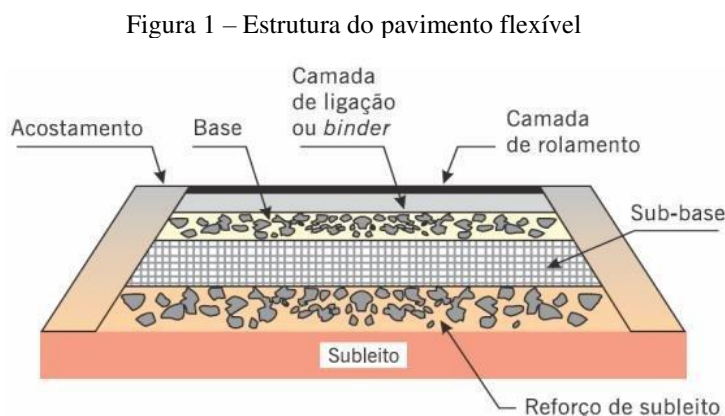
Pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica sob o carregamento aplicado, distribuindo uniformemente a carga entre as camadas (DNIT, 2006). Já Quirino (2013), define pavimento flexível como sendo uma estrutura que possui diversas camadas e cada uma delas é responsável por absorver parte dos esforços aplicados e transmitir o restante para as camadas inferiores.

O pavimento semirrígido é caracterizado por possuir uma base cimentada e uma camada de revestimento asfáltico (DNIT, 2006). Alguns autores como Bernucci *et al.*, (2010) não consideram esse tipo de pavimento, e os classificam apenas como rígidos e flexíveis.

O pavimento rígido possui o revestimento com uma rigidez considerável comparada com as camadas inferiores, por isso, tem a característica de absorver as tensões provenientes das cargas aplicadas (DNIT, 2006).

3.3 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Conforme Bernucci *et al.*, (2010), os pavimentos flexíveis são formados por quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. O subleito não é dimensionado como uma camada. A base tem a função de resistir aos esforços do tráfego de veículos e distribuir para as camadas inferiores. Já a sub-base é uma camada complementar à base. O reforço do subleito possui a mesma espessura ao longo da pavimentação, o material utilizado nessa camada é de qualidade inferior ao material usado nas camadas de base e sub-base (DNIT, 2006). A Figura 1 mostra a disposição dessas camadas.



Fonte: Bernucci *et al.*, (2010)

O revestimento asfáltico é camada superior do pavimento mantendo contato direto com as rodas dos veículos e com as camadas intermediárias ou de ligação. Essa camada possui a função de resistir de forma direta às ações do tráfego e conduzi-las às camadas inferiores, tornar o pavimento impermeável, trazendo conforto e segurança aos usuários (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Conforme Balbo (2007), o revestimento é responsável por receber carregamentos estáticos ou dinâmicos, sem sofrer significativa deformação elástica ou plástica, desagregação ou perda de compactação. Por razões técnicas, construtivas e de custo, os revestimentos são divididos em duas camadas: camada de rolamento e camada de ligação.

A camada de revestimento ou também chamado de capa de rolamento, é uma camada impermeável destinada a receber ações do tráfego e do clima, melhorar as condições de

rolamento e resistir ao desgaste. É a camada mais nobre de todas as camadas que constituem a estrutura de um pavimento, possuindo um custo maior de construção em relação as demais. Em muitos casos é preferível construir um pavimento com as camadas inferiores mais resistentes e uma camada de revestimento com uma espessura menor (SENÇO, 2007).

No Brasil a maioria dos revestimentos asfálticos são compostos por uma mistura de agregados e minerais das mais variadas fontes e tamanhos, com ligantes asfálticos, de modo que, se dosados e executados adequadamente, garante a estrutura impermeabilidade, estabilidade, flexibilidade, resistência a fadiga, derrapagem e ao trincamento térmico (BERNUCCI *et al.*, 2010).

3.4 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

No decorrer da vida útil do pavimento, a sua estrutura pode sofrer diversas manifestações patológicas devido à intensidade do tráfego, condições climáticas, má qualidade dos materiais utilizados e falhas na execução.

De acordo com DNIT, (2006), os pavimentos são executados para durarem um determinado período, chamado de “ciclo de vida, esse ciclo começa em uma condição boa até chegar em uma condição ruim. A diminuição da condição do pavimento ao longo do tempo é chamada de deterioração do pavimento.

Realizar o levantamento de defeitos presentes na superfície de pavimentos auxilia na avaliação do seu estado de conservação. Esses defeitos podem surgir de forma precoce, por causa de erros ou inadequações, ou a médio, ou longo prazo, por causa do tráfego de veículos e efeitos do clima (BERNUCCI *et al.*, 2010).

3.4.1 Tipos de defeitos dos pavimentos flexíveis

A norma utilizada para a definição dos termos técnicos dos defeitos encontrados na superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos é a DNIT 005/2003 - TER (Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia).

3.4.1.1 Fenda

De acordo com DNIT (2003), fendas são irregularidades presentes na superfície dos pavimentos asfálticos, levando a aberturas de maior ou menor porte. As fendas são classificadas em: fissuras e trincas.

3.4.1.1.1 Fissuras

São fendas de largura capilar encontradas na camada de revestimento, e são perceptíveis a uma distância menor que 1,50 m. Esse tipo de defeito não causa problemas no revestimento e estão distribuídas de forma transversal, longitudinal e oblíqua (DNIT, 2003). A Figura 2 mostra esse defeito.

Figura 2 – Fissuras



Fonte: SindEtrans, (2018)

3.4.1.1.2 Trincas

Silva (2008) define trincas como uma descontinuidade na camada de revestimento com abertura maior que às fissuras. Elas podem surgir devido a fadiga ou não. As trincas existentes na superfície do pavimento são de fácil visualização e possui abertura maior que 1,50m, apresentando-se na forma de trinca isolada ou trinca interligada (DNIT, 2003).

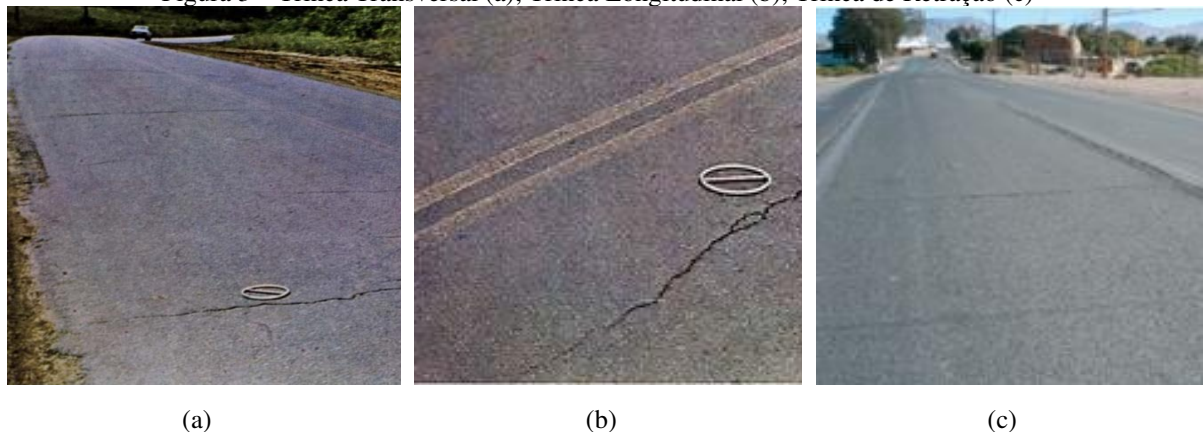
Ainda segundo a norma do DNIT (2003), as trincas isoladas são classificadas em: transversal, longitudinal e de retração. A trinca transversal se apresenta perpendicular ao eixo da via, quando a sua extensão for maior que 100 cm é nomeada de trinca transversal longa, se for menor recebe o nome de trinca transversal curta.

A trinca longitudinal encontra-se paralela a via, sendo chamada de trinca longitudinal curta quando sua extensão for menor que 100 cm e trinca longitudinal longa quando superior a 100 cm (DNIT, 2003).

Já a trinca de retração é um defeito ocasionado pela retração térmica do material do revestimento e/ou do material de base rígida ou semirrígida (DNIT, 2003).

Na Figura 3 são ilustradas às trincas isoladas transversais (Figura 3a), longitudinais (Figura 3b) e de retração (Figura 3c).

Figura 3 – Trinca Transversal (a); Trinca Longitudinal (b); Trinca de Retração (c)



Fonte: Adaptado do DNIT (2003) e Bernucci *et al.*, (2010)

As trincas interligadas são classificadas em: trinca tipo “Bloco” e trinca tipo “Couro de Jacaré”. A do tipo Bloco é um aglomerado de trincas que estão interligadas formando blocos (DNIT, 2003).

Já a “couro de jacaré” recebe esse nome devido as trincas não terem direções definidas possuindo semelhança com o couro de jacaré (DNIT, 2003). Esse tipo de defeito segundo Bernucci *et al.*, (2010), pode ser gerado devido a repetição de cargas do tráfego, condições climáticas, envelhecimento do ligante, recalques diferenciais, entre outras causas.

Na Figura 4 são expostas às trincas interligadas do “tipo bloco” (Figura 4a) e tipo “couro de jacaré” (Figura 4b).

Figura 4 – Trinca do tipo “Bloco” (a); Trinca do tipo “Couro de Jacaré” (b)



(a)

(b)

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

3.4.1.2 Afundamento

Deformação na camada de revestimento asfáltico representada por uma depressão, podendo ser acompanhada de solevamento e se apresentar na forma de afundamento plástico ou afundamento de consolidação (DNIT, 2003).

3.4.1.2.1 Afundamento Plástico

Segundo Silva (2008), o afundamento plástico acontece em uma ou mais camadas presentes na estrutura do pavimento devido a uma deformação plástica, apresentando elevação em torno do afundamento. É chamado de Afundamento Plástico Local (A.L.P) o afundamento que possuir uma extensão de até 6 m; quando a extensão for maior que 6 m é denominado de Afundamento Plástico de Trilha (A.T.P).

Essa patologia surge na camada de revestimento do pavimento devido a alguns fatores, como falha na dosagem de misturas asfálticas e falha na escolha do tipo de revestimento que será aplicado devido as cargas que serão aplicadas (BERNUCCI *et al.*, 2010).

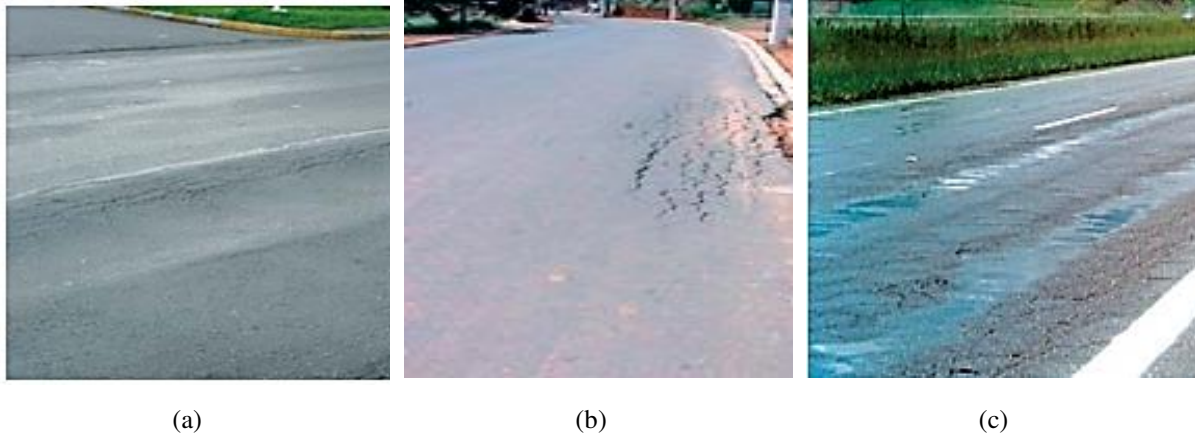
3.4.1.2.2 Afundamento de Consolidação

É um tipo de defeito que ocorre devido a densificação diferencial nas camadas do pavimento. Recebe o nome de Afundamento de Consolidação Local (ALC) quando a sua extensão for inferior a 6m; e Afundamento de Consolidação de Trilha de Roda (ATC) quando o defeito estiver presente ao longo da trilha de roda e sua extensão for maior que 6m (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Esses tipos de defeitos surgem devido densificação ou ruptura das camadas inferiores ao revestimento, falhas construtivas e problemas de drenagem (BERNUCCI *et al.*, 2010).

A Figura 5 apresenta os defeitos de afundamento plástico (Figura 5a), afundamento de consolidação local (Figura 5b) e afundamento de consolidação de trilha de roda (Figura 5c).

Figura 5 – (a) Afundamento Plástico de Trilha (b); Afundamento de Consolidação Local; (c) Afundamento de Consolidação de Trilha de Roda



Fonte: Adaptado do Bernucci *et al.*, (2010)

3.4.1.3 Corrugação e Escorregamento

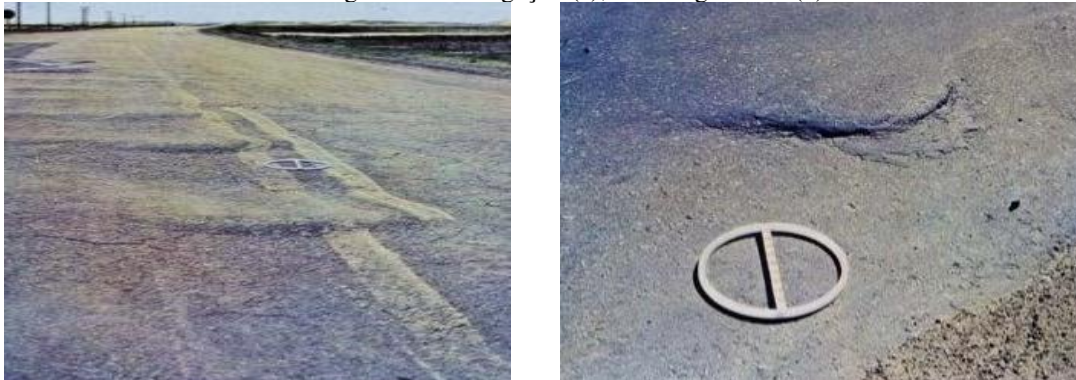
Corrugação ou ondulação são diversas ondulações presentes na via com intervalo menor que 3 metros, ocasionadas por má execução, excesso de asfalto ou finos. Esse tipo de defeito é associado a tensões horizontais geradas por veículos em locais de subidas, rampas e curvas devido à aceleração e frenagem (SILVA, 2008).

As causas desse tipo de defeito estão associadas ao excesso de umidade das camadas, instabilidade do material utilizado no revestimento ou base, retenção de água nas misturas asfálticas (DNIT, 2006).

O escorregamento é caracterizado pelo deslocamento horizontal da camada de revestimento devido à aceleração e frenagem dos veículos em locais, como: curvas, rampas, obstáculos, paradas de ônibus, causando uma ondulação em formato meia lua (DNIT, 2006).

A Figura 6 mostra os defeitos do tipo corrugação (Figura 6a) e escorregamento (Figura 6b).

Figura 6 – Corrugação (a); Escorregamento (b)



(a)

(b)

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

3.4.1.4 Exsudação e Remendo

A exsudação é o excesso de ligante betuminoso presente na superfície do pavimento (DNIT, 2003). Esse excesso de material causa manchas no pavimento comprometendo a aderência do pneu-pavimento, principalmente em dias chuvosos, se tornando um grave problema funcional. A exsudação pode surgir em qualquer área do pavimento, mas principalmente nas trilhas de roda (DNIT, 2006).

O remendo tem uma relação com a conservação da camada de revestimento, onde as panelas são preenchidas com massa asfáltica (BERNUCCI *et al.*, 2010).

É considerado um defeito quando causa desconforto devido: intenso volume de tráfego, uso de material de baixa qualidade, condições ambientais. Os remendos também se deterioram devido às ações do tráfego e do clima, nas áreas remendadas (DNIT, 2006).

A Figura 7 ilustra os defeitos do tipo exsudação (Figura 7a) e remendo (Figura 7b)

Figura 7 – Exsudação (a); Remendo (b)



(a)

(b)

Fonte: Adaptado do Bernucci *et al.*, (2010)

3.4.1.5 Desgaste e Panela ou Buraco

O desgaste é definido como a perda de agregados do revestimento asfáltico. Tem o aspecto áspero e pode ser ocasionado pela presença de água no interior da superfície do pavimento, perda de coesão dos agregados e ligante entre outros motivos. Esse tipo de defeito pode estar presente em toda a área do revestimento (DNIT, 2006).

A panela ou buraco são cavidades presentes no pavimento possuindo dimensão e profundidade variadas. É considerado um defeito grave, pois atinge a estrutura do pavimento, facilitando a entrada de água na parte interna da estrutura. Na questão da funcionalidade também é considerado um defeito grave afetando a segurança dos usuários (DNIT, 2006). A Figura 15 exibe o desgaste no pavimento.

Na Figura 8 são ilustrados os desgastes (Figura 8a) e as panelas ou buracos (Figura 8b)

Figura 8 – Desgastes (a); Panela ou Buraco (b)



(a)

(b)

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

3.5 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

A avaliação da superfície dos pavimentos é realizada através de procedimentos padrões de medidas e inspeções. Ela consiste em verificar as condições estruturais e funcionais dos pavimentos através da identificação de defeitos presentes em superfície. São considerados defeitos aqueles oriundos da deterioração causados pelo tráfego, clima, características físicas e processos construtivos (DANIELESKI, 2004).

A avaliação das condições estruturais consiste em verificar a capacidade de carga que o pavimento suporta e avaliar a sua estrutura. Já avaliação das condições funcionais está voltada para o conforto e qualidade do rolamento, verificando o desempenho do pavimento (DANIELESKI, 2004).

3.5.1 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

A norma DNIT 008/2003 – PRO estabelece os procedimentos exigíveis para a avaliação da superfície dos pavimentos através do método de Levantamento Visual Contínuo. Com ela é possível determinar o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), além de determinar o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e o Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES).

De acordo com Cunha (2008), o objetivo do LVC é coletar dados para analisar o nível de deterioração do pavimento, servindo de base para indicar a intervenção adequada, servir como fator de análise da priorização para investimentos, fornecer informações para elaborar equações de comportamento dos defeitos, entre outros.

A norma estabelece que durante o levantamento deve ser utilizado um veículo com velocímetro e odômetro ajustados para a aferição de velocidades e distâncias percorridas respectivamente. Recomenda-se que a avaliação do LVC seja feita em dias que as condições climáticas estejam favoráveis, evitando dias chuvosos, com neblina e horários com pouca luz natural (DNIT, 2003).

Para realizar esse procedimento é necessária uma equipe formada por no mínimo dois técnicos e o motorista do veículo. A velocidade operação do veículo deve ser em média de 40 km/h. A equipe percorrerá a rodovia em único sentido, no caso de duas faixas de tráfego, já em rodovias com duas pistas de cada lado, o levantamento para cada pista será feito separadamente (DNIT, 2003).

Ainda conforme o DNIT (2003), deve ser estabelecida a divisão de trechos com uma distância mínima de 1 km e máxima de 6 km. Durante a análise de cada trecho é preenchido um formulário (ANEXO A) com os tipos de defeitos encontrados no percurso. Esses defeitos são classificados de acordo com sua frequência em alta, média e baixa, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Frequência de defeitos

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

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

De acordo com o DNIT (2003), o ICPF é determinado através do cálculo da média aritmética dos índices contidos no Anexo B da norma. Para cada quilometro avaliado pela equipe o ICPF deve estar entre 0 e 5, classificando o trecho analisado e estabelecendo soluções de manutenção, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Conceitos do ICPF

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

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

O cálculo do IGGE, conforme o DNIT (2003) leva em consideração a média dos dados presentes no formulário do Anexo C da norma, utilizando a Equação 1.

$$IGGE = (P_t \times F_t) + (P_{oap} \times F_{oap}) + (P_{pr} \times F_{pr}) \quad (\text{Equação:1})$$

Onde:

- F_t , P_t = Frequência e Peso do conjunto de trincas;
- F_{oap} , P_{oap} = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- F_{pr} , P_{pr} = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

Segundo o DNIT (2003), cada conjunto de defeitos são analisados separadamente, possuindo um fator de frequência e um peso de acordo com a gravidade dos defeitos. Para o conjunto de panelas e remendos o fator de frequência é de acordo com a quantidade de incidências e para o conjunto de trincas e de formações é em relação a porcentagem de ocorrências, como mostra a Tabela 3. De acordo com a frequência, a norma determina valores de pesos para o cálculo dos defeitos, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 3 - Determinação do índice de gravidade

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

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

Tabela 4 - Pesos para cálculos

Gravidade	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,301	0,60	0,70

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

Com a combinação dos valores do ICPF e IGGE é possível determinar o IES, os valores do IES estão compreendidos de 0 a 10 e estão relacionados aos níveis de condição do pavimento, como mostra a Tabela 5 (DNIT, 2003).

Tabela 5 - Índice do Estado da Superfície do Pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	6		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	7	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: Adaptado do DNIT (2003)

3.6 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS

Os revestimentos asfálticos se deterioram com o passar do tempo devido às ações do tráfego e do clima, isto é, ficam sujeitos ao surgimento de defeitos que com o decorrer do tempo tendem a se agravar. Se medidas de manutenção não forem planejadas para amenizar ou sanar esses defeitos, logo o pavimento alcançará a sua vida útil (SILVA, 2006).

Conforme descrito no Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011), a manutenção é uma atividade realizada em determinados períodos da vida de serviço da rodovia, com o objetivo de dotá-la permanentemente de condições adequadas de serventia e segurança. Em relação ao pavimento constitui-se de atividades de restauração, que visam melhorar periodicamente as suas condições estruturais e funcionais.

De acordo com Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), existem quatro grupos básicos de manutenção que se objetiva através de ações programadas e sistemáticas:

- Conservação;
- Melhoramento;
- Recuperação do pavimento através da restauração;
- Recuperação do pavimento através da reabilitação.

3.6.1 Conservação

A conservação tem como objetivo corrigir total ou parcialmente as patologias do pavimento evitando uma degradação mais acelerada no decorrer dos anos (GONÇALVES, 1999). Já o DNIT (2006), diz que a conservação dos pavimentos asfálticos é um conjunto de

atividades rotineiras, periódicas e de emergência com o objetivo de manter as características físicas, técnicas e operacionais do sistema rodoviário, sendo dividida em três grupos: conservação corretiva rotineira, conservação preventiva periódica e conservação de emergência.

A conservação corretiva rotineira tem como objetivo reparar um defeito, e assim reestabelecer o funcionamento da via. Alguns serviços que são executados nesse tipo de manutenção são: remendos e selagem de trincas (DNIT, 2006).

A conservação preventiva periódica é realizada periodicamente com o intuito de evitar o surgimento de defeitos. Consiste em tarefas solicitadas durando o ano, mas a frequência depende de fatores como tráfego, topografia do local e condições climáticas (DNIT, 2006).

A conservação de emergência tem o objetivo de recuperar, reconstruir trechos que tenha sido danificado por algum tipo de evento extraordinário e está impedindo o fluxo de tráfego (DNIT, 2006).

3.6.2 Melhoria

O melhoramento é um conjunto de operações que modificam ou trazem novas características a rodovia com o objetivo de atender as demandas operacionais e adequar ou incorporar elementos de drenagem e proteção da infraestrutura (DNIT, 2006).

3.6.3 Restauração

A recuperação do pavimento através da restauração é um processo aplicado em pavimentos que ainda possui certa habilitação, porém, de acordo com seu desempenho encontra-se próximo do estágio final do seu ciclo de vida (DNIT, 2006).

3.6.4 Reabilitação

A recuperação do pavimento através da reabilitação é um processo realizado em pavimentos que apresentam certas anomalias e que já excederam o estágio final do seu ciclo de vida, não dispondo mais da devida habilitação (DNIT, 2006).

O recapeamento consiste na sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camadas de misturas betuminosa e/ou concreto de cimento Portland, conferindo ao pavimento

aptidão para exercer, em continuidade, um novo ciclo de vida (DNIT, 2006). A Figura 9 exhibe a execução do pavimento.

Figura 9 – Recapeamento



Fonte: Bernucci *et al.*, (2010)

A reconstrução é a retirada total ou parcial da espessura do pavimento e posteriormente é executada novas camadas (DNIT, 2006). É uma solução necessária em situações em que o pavimento não é reabilitado no tempo correto e inicia o processo de deterioração devido a drenagem inadequada (BERTOLLO, 1997).

3.7 OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO

3.7.1 Remendos

Técnica utilizada para reparar defeitos na camada de revestimento asfáltico, como reparo de panelas ou buracos e trincas por fadiga. O remendo pode ser do tipo superficial, selando de forma provisória as trincas e evitando a penetração de água no pavimento e do tipo profundo, onde os reparados executados são de forma permanente (DNIT, 2006).

Se não reparados imediatamente, as panelas ou buracos podem comprometer o conforto e segurança do usuário, enfraquecer a estrutura do pavimento devido a penetração de água e acelerar a deterioração (FERNANDES JR., ODA E ZERBINI, 1999).

3.7.2 Capa Selante

Técnica executada através aplicação de emulsão asfáltica e agregado miúdo (areia ou pó de pedra) de forma invertida. A finalidade dessa técnica é melhorar a impermeabilização da camada do pavimento (DNIT, 2006).

3.7.3 Lama Asfáltica

É a mistura de emulsão asfáltica, água, filler e agregados em consistência fluida sendo aplicada em camadas bastante finas. Tem o objetivo de rejuvenescer e impermeabilizar o revestimento que esteja poroso ou fissurado (DNIT, 2006). A Figura 10 ilustra a aplicação de lama asfáltica.

Figura 10 – Aplicação de lama asfáltica



Fonte: Bernucci *et al.*, (2010)

3.7.4 Microrrevestimento

É uma técnica que usa o mesmo princípio e concepção da lama asfáltica, porém faz o uso de emulsões modificadas com polímero, aumentando sua vida útil. É utilizado em recuperação funcional de pavimentos deteriorados e revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego. A Figura 11 ilustra a aplicação do microrrevestimento.

Figura 11 – Aplicação do microrrevestimento



Fonte: Bernucci *et al.*, (2010)

3.7.5 Selagem de Trincas

Preenchimento de fissuras e trincas do revestimento por meio de materiais como selantes especiais, cimentos asfálticos e emulsões, impedindo a penetração de água no pavimento (DNIT, 2006). A Figura 12 ilustra a aplicação da selagem de trincas.

Figura 12 – Aplicação da selagem de trincas



Fonte: Bernucci *et al.*, (2010)

3.8 ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO

Para realizar escolhas de alternativas de manutenção é necessário a avaliação de técnicos especializados. De acordo com Bernucci *et al.*, (2010), para definir quais as alternativas de manutenção que serão executadas são necessárias realizar uma avaliação funcional e estrutural do pavimento.

Oliveira (2018), optou por aplicar em seu trabalho métodos de previsão de desempenho para os pavimentos, adaptando o Programa de Restauração e Manutenção de Rodovias, documento pertencente ao Departamento de Estrutura de Transportes da Bahia (DERBA), essa adaptação consistiu em substituir o fator estrutural pelo IES. Neste documento, expressa as formas de se realizar a escolha de alternativas de manutenção para pavimentos asfálticos, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Alternativas de manutenção

Condição funcional		IES				
		0	Até 2	Até 4	Até 7	Até 10
IGG $\leq$ 30		MR	MR	MR	MR	X
0 < IGG $\leq$ 80	IRI $\leq$ 3,5	MR	LA	H4	H6	X
	3,5 < IRI $\leq$ 4,5	H4	H4	H6	H7	X
	IRI > 4,5	H4	H4	REC+H6	REP + H7	REC
80 < IGG $\leq$ 160	IRI < 4,5	FS+H4	FS+H4	FS+H6	FS + H7	REC
	IRI > 4,5	FS+REP+H4	FS+REP+H4	FS+REP+H6	REC	REC
IGG > 160		REC	REC	REC	REC	REC

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

A tabela apresenta as alternativas de manutenção e cada item da tabela possui os seguintes significados:

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

3.9 GEORREFERENCIAMENTO

3.9.1 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

O SIG é um sistema que faz o uso de dados referenciados através de coordenadas espaciais ou geográficas que possuem a capacidade de realizar operações que são capazes de

permitir extrair informações desses dados. Ele possibilita visualizar a distribuição de eventos por meio de mapas temáticos, facilitando a elaboração de planejamento e resolução de problemas de maior complexidade. (FRANÇA, 2008).

Já para Lopes *et al.*, (2009), um SIG é um sistema utilizado para coletar, armazenar, editar, exibir e analisar dados georreferenciados, pois ele trabalha com dados referenciados por coordenadas geográficas e espaciais.

O SIG tem como objetivo ser um instrumento eficiente para as áreas que fazem uso de mapas, capaz de integrar várias informações em uma base de dados, combinar dados de variadas fontes e gerar novas informações, produzir relatórios e documentos gráficos (ROSA, 2013). Já Segantine (2001), afirma que o principal objetivo do SIG é manter um conjunto de informações espaciais capaz de auxiliar na tomada de decisões em diversas situações.

Para Araújo (2003), o SIG é utilizado na gestão municipal para dar suporte a diversas atividades de planejamento, assim como auxiliar na tomada de decisões nas áreas administrativa, econômica e legal.

Com esse tipo de sistema é possível obter mapas temáticos e extrair diversas informações deles e usá-las conforme a necessidade do projeto. Os mapas são usados em diversas aplicações, como: otimização do tráfego, gerenciamento de serviços, planejamento urbano, localização de lugares, etc. (SEGANTINE, 2001).

3.9.2 Componentes de um SIG

De acordo com Martins (2005), o SIG é capaz de gerar informações em forma de mapas, relatórios e gráficos auxiliando profissionais no momento de tomar decisões. Para o seu desenvolvimento são necessários quatro componentes: *hardware* (equipamentos), *software* (programas computacionais), dados geográficos (georreferenciados) e recursos humanos (profissionais). Na Figura 13 é possível observar esses principais componentes.

Figura 13 – Principais componentes de um SIG



Fonte: Martins (2005)

Os *hardwares* são equipamentos computacionais necessários para que o software consiga realizar as suas funções. Fazem parte desses equipamentos o computador e periféricos, como: unidades de armazenamento, impressora, mesa digitalizadora, scanner (ALVES, 2001).

É a partir do *software* que é possível operar e manipular dados e assim gerar informações geográficas. Existe no mercado uma gama de *software* de SIG (RODRIGUES, 2001).

Os dados geográficos são um componente muito importante do SIG, ele é considerado um dado especial, pois agrega dados espaciais (polígonos, células, pixels e pontos) e os dados tabulares. Os dados espaciais representam os elementos geográficos e os dados tabulares são responsáveis por descrever de forma mais detalhada os elementos geográficos. Portanto os dados geográficos surgem da relação entre esses dois tipos de dados e tem como objetivo representar os elementos da superfície terrestre (FERREIRA, 2006).

E por fim, os recursos humanos são os profissionais capacitados e experientes com o uso do SIG, visto que para utilizá-lo envolve procedimentos complexos. Exigindo que esses profissionais tenham experiência de projetar e manter o uso da ferramenta de forma correta (MARTINS, 2005).

3.9.3 Softwares de Geoprocessamento

3.9.3.1 QGIS

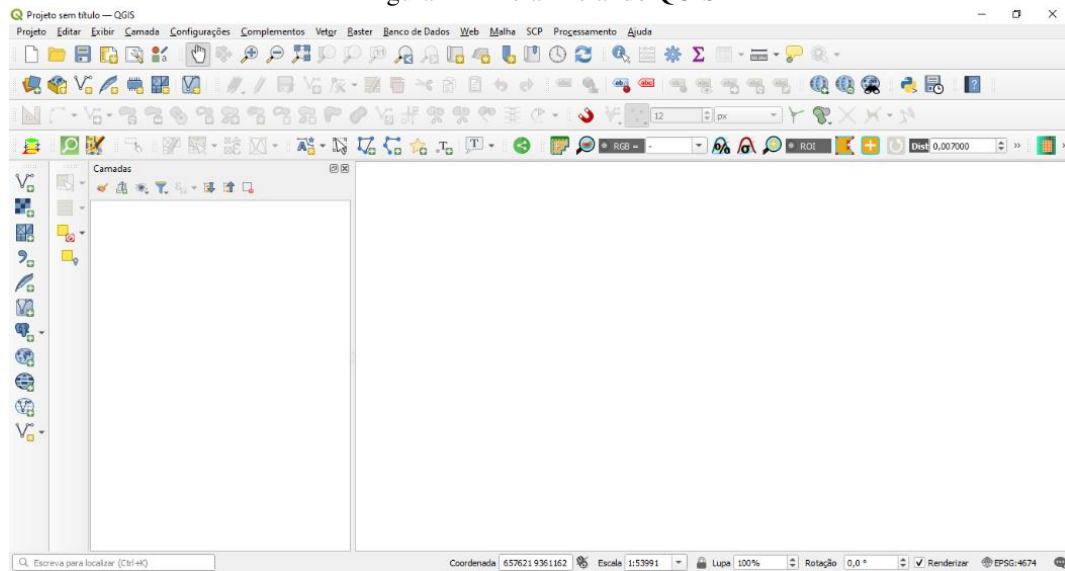
Um *software* muito utilizado no geoprocessamento é o Quantum GIS, mais conhecido como QGIS. O projeto surgiu em 2002, e inicialmente o objetivo era criar um visualizador para base de dados geográficos PostGIS funcionando em sistemas operacionais livres (GNU/Linux). Hoje, o QGIS é uma aplicação multiplataforma que funciona também no Windows e no Mac OS X, suportando numerosos formatos, raster, vetoriais e base de dados, fornecendo muitas funções de geoprocessamento (MANGHI *et al.*, 2011).

O QGIS é simples de ser utilizado devido a sua interface gráfica ser bastante intuitiva, onde todas as suas funções são separadas. Através da barra de menu é possível acessar as suas funções e os atalhos do teclado são configuráveis. Os ícones que estão presentes na barra de ferramentas dão acesso direto às funções do menu e podem ser desabilitados para uma melhor visualização da interface. Com relação ao mapa é possível executar operações, como: deslocamento, zoom, identificação e seleção (MANGHI *et al.*, 2011).

O programa possui a vantagem de ser de fácil acesso para download, funciona muito bem em computadores que possuem uma menor capacidade de processamento, e por isso possui

uma grande quantidade de usuários (ALMEIDA, 2011). A Figura ilustra 14 a tela inicial do QGIS.

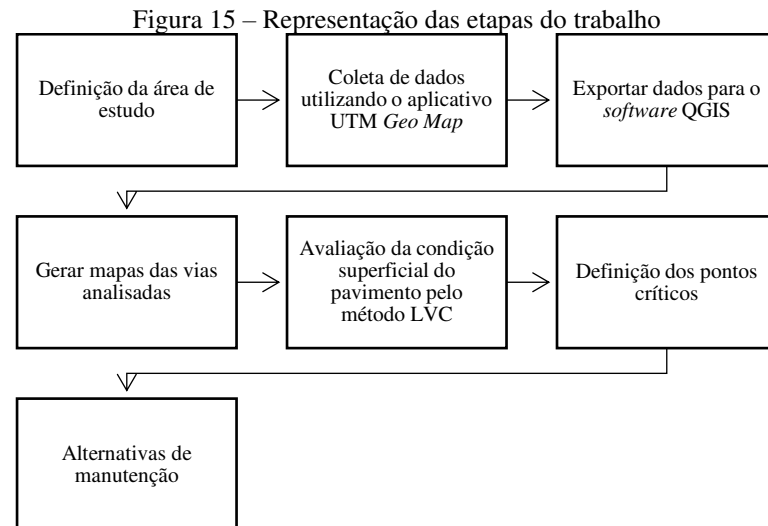
Figura 14 – Tela inicial do QGIS



Fonte: Autoria própria (2022)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo seguiu as etapas presentes no fluxograma da Figura 15. Nos próximos itens dessa seção cada uma dessas etapas será detalhada.



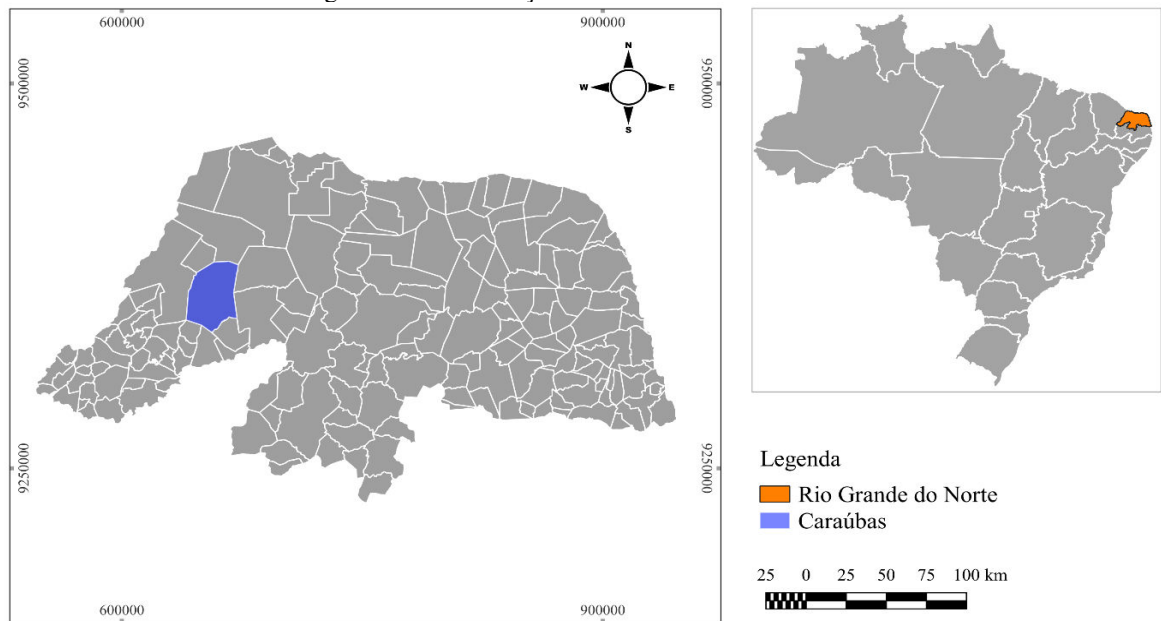
Fonte: autoria própria (2022)

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo foi a zona urbana da cidade de Caraúbas, localizada na microrregião da Chapada do Apodi e mesorregião do Oeste Potiguar, a uma distância de cerca de 300 km da capital Natal e 70 km da segunda maior cidade do estado, Mossoró. O município possui uma extensão territorial de 1.133 km² e conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada para o município no ano de 2021 era de 20.588 habitantes.

A cidade é dividida oito bairros: Alto da Liberdade, Aeroporto, Guido Gurgel, Nestor Fernandes, Sebastião Maltez, Haroldo Maia, Leandro Bezerra e Centro. E recentemente recebeu a implementação de um dos *Campi* da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), que conta com cursos da área de tecnologias e exatas, engenharias e na área de licenciaturas. A Figura 16 ilustra a localização da cidade de Caraúbas.

Figura 16 – Localização da cidade de Caraúbas-RN



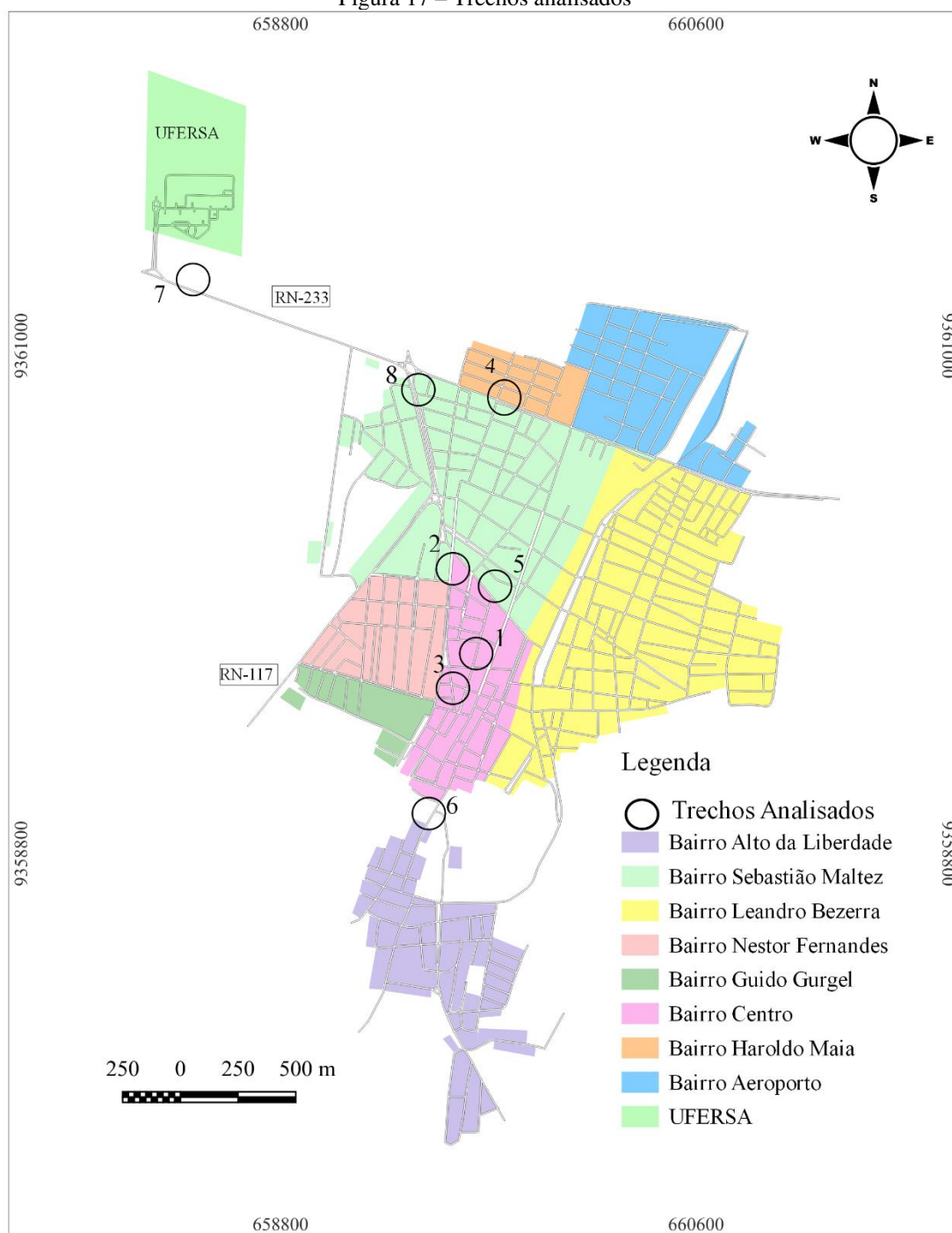
Fonte: Autoria própria (2022)

O mapa da Figura 16, assim como todos os mapas presentes neste trabalho, foram gerados através do *software* QGIS, um programa de código aberto. Utilizando o Datum SIRGAS 2000 e o sistema de coordenadas planas (UTM/zona 24S).

4.2 LEVANTAMENTO EM CAMPO

Foi avaliado de forma representativa uma extensão de 200m de via de cada bairro que possui revestimento asfáltico e das RNs 117 e 233 que cortam a cidade. No bairro Centro, por possuir um maior número de vias com revestimento asfáltico, foram analisados três trechos. É importante ressaltar que os bairros Haroldo Maia, Guido Gurgel, Leandro Bezerra e Nestor Fernandes não foram analisados com relação a condição superficial do pavimento por não possuírem vias asfaltadas. A Figura 17 exhibe os trechos analisados.

Figura 17 – Trechos analisados



Fonte: Autoria própria (2022)

Os trechos analisados estão circulados em preto. No bairro Centro foram analisados três trechos, os trechos 1 e 2 são referentes a rua Francisco Martins de Miranda e o trecho 3 é referente a rua Rodolfo Fernandes. O trecho 4 representa a Rua 10 do bairro Aeroporto. O trecho 5 é a Rua João Gomes de Oliveira do bairro Sebastião Maltez. O trecho 6 é a Rua Amâncio Guerra localizada no bairro Alto da Liberdade. Por fim, os trechos 7 e 8 representam as RNs 117 e 223, respectivamente.

4.2.1 Levantamento Visual Contínuo – LVC

Para realizar a avaliação das vias foi escolhido o método do LVC disposto pela norma DNIT 008/2003 – PRO em conjunto com o aplicativo para *smartphone* chamado UTM *Geo Map* que georreferencia pontos, extensões, polígonos em qualquer terreno. Optou-se pelo LVC dado a simplicidade do método considerando a ausência de recursos para aplicar outros procedimentos que necessitam de equipamentos de campo, como o Índice de Gravidade Global (IGG). Com o apoio do UTM *Geo Map*, um aplicativo gratuito, foi possível georreferenciar os defeitos, o que possibilita acompanhar a evolução das patologias observadas ao longo do tempo sem perder informações detalhadas de localização. A Figura 18 apresenta a tela do aplicativo. Os defeitos considerados foram (i) buracos e remendos registrados no aplicativo por meio de pontos; (ii) trincas e deformações registrados através de extensão de linhas.

Figura 18 – Defeitos catalogados no aplicativo UTM Geo Map



Fonte: Autoria própria (2022)

Portanto, coletou-se os defeitos de superfície indicados na norma do LVC, porém, ao invés de realizar a coleta em um carro a 40km/h, os dados foram coletados percorrendo os trechos em campo a pé, e armazenando os dados no aplicativo de celular, sem necessidade de prancheta, carro, ou qualquer outro equipamento. É importante ressaltar que, a forma de cálculo do Índice do Estado de Superfície (IES) do pavimento seguiu os procedimentos usuais da norma DNIT 008/2003 – PRO. A principal mudança é a maneira como os dados foram coletados, o que possibilitou maior qualidade no levantamento, e maior precisão na avaliação do estado de superfície do pavimento.

Após a coleta de dados, foi gerado um arquivo no próprio aplicativo e exportado no formato, *KML*. Esse arquivo foi inserido no QGIS no formato *shapefile*, onde foi possível

elaborar mapas da cidade com a distribuição dos defeitos catalogados, gerar uma tabela de atributos e exportá-la para o Excel com o intuito de calcular a extensão total das vias da cidade e dos defeitos do tipo trinca e deformações.

4.3 CÁLCULOS PARA A AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO

Finalizado a elaboração do mapa no QGIS, foram calculados os valores do ICPF, IGGE e IES, que são indicadores que permitem a determinação de um conceito de qualidade da superfície do pavimento.

O valor do ICPF foi obtido através da visão do avaliador, podendo variar de 0 a 10. Para calcular o IGGE, foram verificadas as ocorrências contidas no mapa elaborado e, em seguida, para cada conjunto de defeito foi atribuído um fator de frequência e um peso de cálculo em função da gravidade. Após a verificação dos fatores de frequência e os pesos de cálculos (Tabelas 3 e 4), estes valores foram aplicados na (Equação 1) para o cálculo do IGGE. Com os valores do ICPF e do IGGE foi possível determinar o parâmetro IES (Tabela 5) cujos valores estão compreendidos entre 0 e 10, variando do conceito ótimo ao péssimo, respectivamente.

4.4 HIERARQUIZAÇÃO DAS PRIORIDADES DE MANUTENÇÃO

Para realizar a hierarquização das prioridades de manutenção das vias levou em consideração a classificação funcional (arterial, possui um maior volume de tráfego; coletora, liga as vias de maior tráfego com a de menor tráfego; e local, possui um menor tráfego) dos trechos analisados e o resultado do IES, em caso de empate do IES, o IGEE foi usado como critério de desempate, portanto os trechos das vias que apresentaram o maior volume de tráfego (arteriais) e o maior IES são os prioritários para serem realizadas atividades de manutenção, seguido dos trechos de vias coletoras com maior IES e por fim os trechos das vias locais com maior IES.

Em relação as sugestões para as atividades de manutenção para os trechos analisados foram levadas em consideração as alternativas propostas pela norma, pelo fato de não terem sido realizados nesse trabalho os métodos do Índice de Gravidade Global (IGG) e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) necessários para as escolhas de alternativas de manutenção, de acordo com a Tabela 6 da seção 3.8.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PANORAMA GERAL DAS VIAS DE CARAÚBAS/RN

Através dos mapas elaborados no QGIS, foi possível calcular a extensão total das vias da cidade, bem como identificar o tipo de revestimento de cada uma. A malha viária urbana possui pouco mais de 85km e é composta por vias com revestimento asfáltico, calçamento e terreno natural, distribuídas pelos seus oito bairros. A Tabela 7 mostra a extensão das vias com o tipo de revestimento. Na zona urbana da cidade de Caraúbas/RN, 52% das vias encontram-se pavimentadas, sendo que desse total 25% são de vias com revestimento asfáltico.

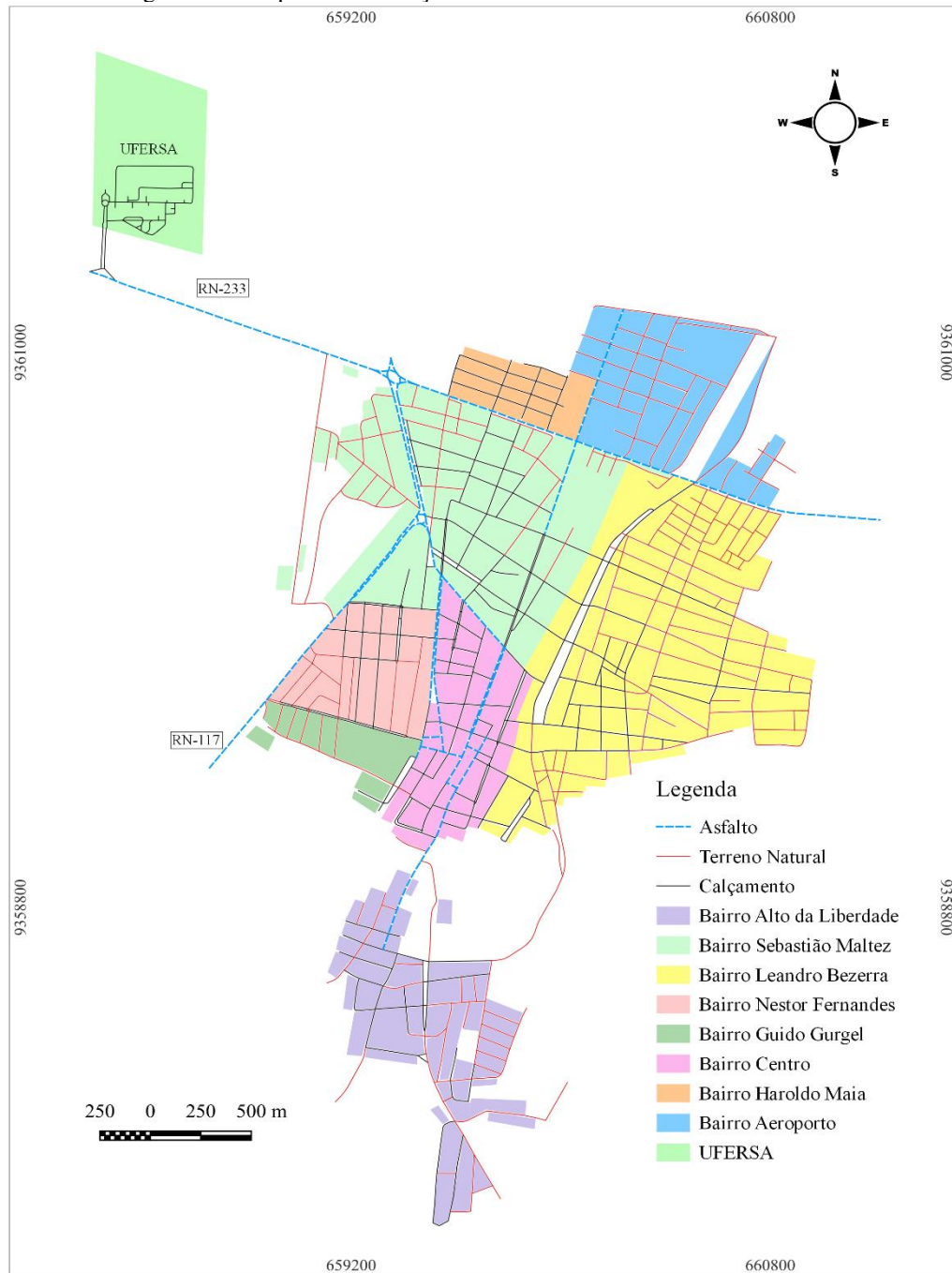
Tabela 7 – Extensão dos tipos de revestimentos encontrados nas vias

Bairro	Tipo de Revestimento			Total (m)
	Asfáltico (m)	Calçamento (m)	Natural (m)	
Aeroporto	625,14	0	7.294,37	7.919,51
Alto da Liberdade	382,00	4.526,18	6.346,55	11.254,733
Centro	3.120	6.185,81	0	9.305,81
Haroldo Maia	0	2.264	0	2.265
Guido Gurgel	0	662,68	1.874	2.536,68
Leandro Bezerra	0	9.609,42	14.686,23	24.295,63
Nestor Fernandes	0	2.237,87	3.271	5.508,8
Sebastião Maltez	831,97	7.645,95	7.618,00	16.095,92
RNs	6.323,55	0	0	6.323,55
Total (m)	11.282,66	33.131,91	41.090,15	85.504,72

Fonte: Autoria própria (2022)

Observou-se que os maiores bairros da cidade em extensão de vias são, em sequência, Leandro Bezerra, Sebastião Maltez e Alto da Liberdade. Destaca-se o bairro Haroldo Maia que possui todas as vias pavimentadas. O bairro Centro e as RNs apresentaram a maior extensão de vias asfaltadas. Por meio da Figura 19 é possível visualizar a distribuição das vias pelos bairros da cidade e seus respectivos tipos de revestimentos.

Figura 19 – Mapa da distribuição das vias e dos bairros de Caraúbas/RN



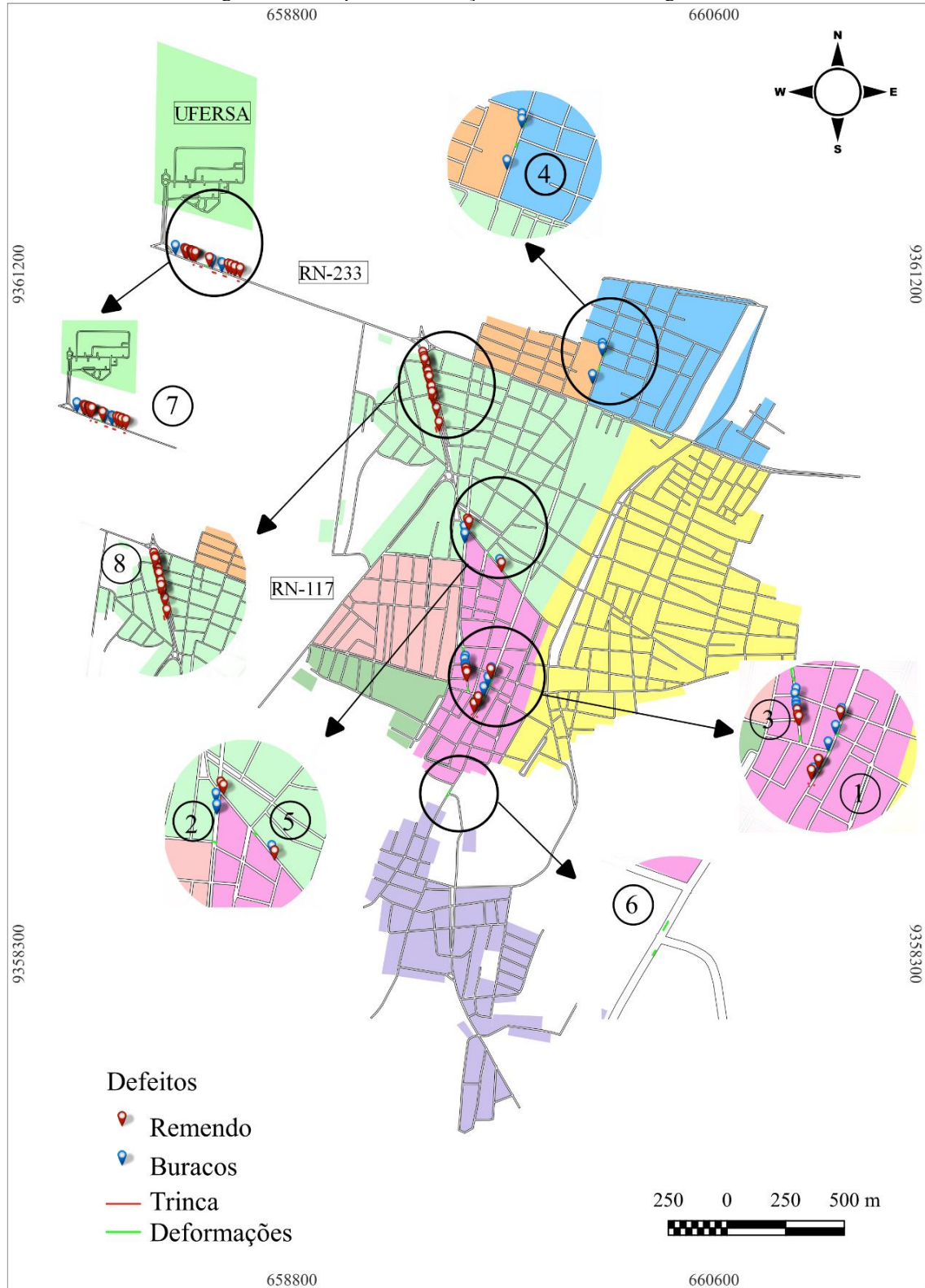
Fonte: Autoria própria (2022)

5.2 AVALIAÇÃO DAS VIAS PELO MÉTODO LVC

Com os dados obtido pelo aplicativo UTM *Geo Map* e exportados para o QGIS foi elaborado o mapa da cidade com a distribuição dos defeitos. Na Figura 20 pode ser vista a distribuição dos defeitos catalogados pelo aplicativo. Os defeitos pontuais buracos e remendos foram identificados pelas cores azul e vermelho respectivamente. Os defeitos em extensão,

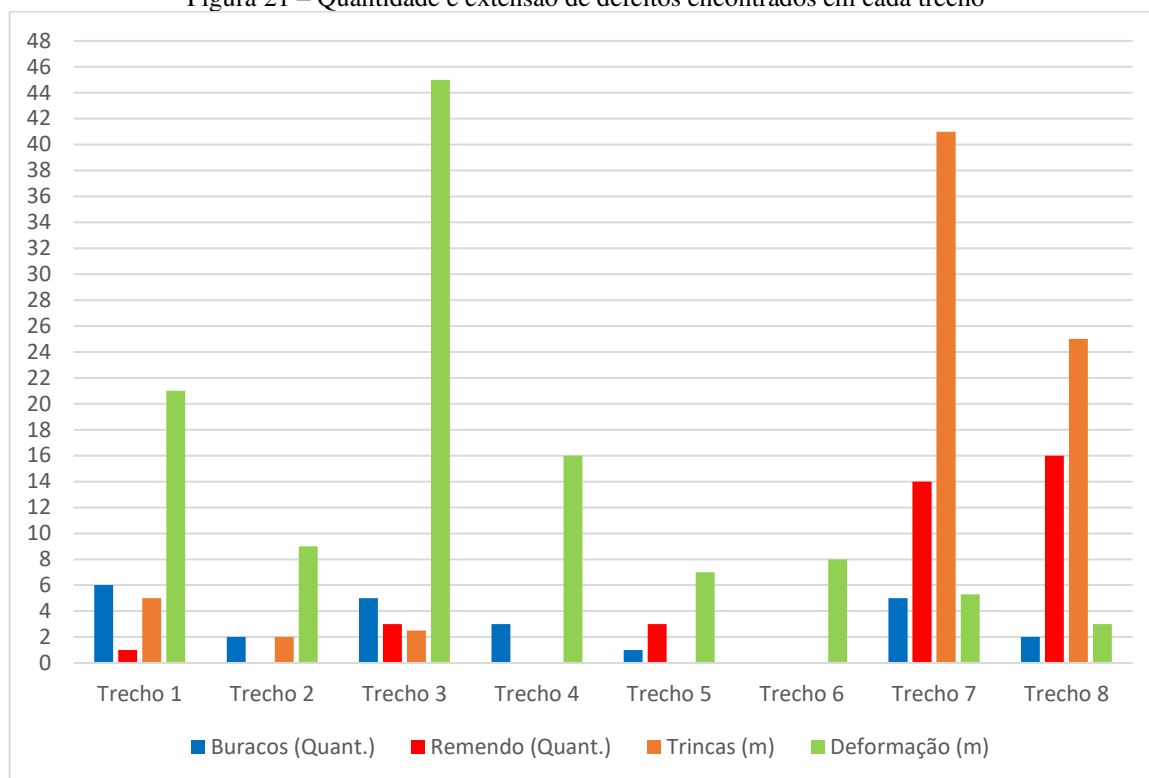
trincas e deformações, foram representados pelas cores vermelho e verde, respectivamente. Já a Figura 21 exibe a quantidade e a extensão de defeitos encontrados em cada trecho.

Figura 20 – Mapa da distribuição dos defeitos catalogados



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 21 – Quantidade e extensão de defeitos encontrados em cada trecho



Fonte: Autoria própria (2022)

Os trechos 1, 3, 7 e 8 foram os que apresentaram maior incidência de defeitos, principalmente buracos e remendos. No total, para esses quatro trechos, foram encontrados 18 buracos e 34 remendos. Em relação aos trechos 2, 4, e 5, todos apresentaram pelo menos dois de tipos defeitos. No trecho 6, o defeito apresentado foi apenas o desgaste.

Seguindo o método de avaliação da norma DNIT 008/2003 – PRO foram obtidos dois índices, um subjetivo e o outro objetivo para cada trecho avaliado. O primeiro foi o ICPF, índice subjetivo, e o segundo foi o IGEE, índice objetivo. A partir da avaliação realizada pelo avaliador, foi obtido o valor do ICPF (Tabela 2). Para determinar o IGEE atentou-se aos parâmetros mostrados no item 3.5.1 (Tabelas 3 e 4). E para exemplificar a forma de calculá-lo, na Tabela 8 estão dispostos todos os fatores e pesos atribuídos para cada conjunto de defeitos do trecho 7. O cálculo para o restante dos trechos foi utilizado o mesmo raciocínio.

Tabela 8 - Fatores e pesos considerados no cálculo do IGGE para o trecho 7

Conjunto de trincas			
Gravidade	P _t	F _t (%)	P _t x F _t
2	0,45	18	8,1
Conjunto de deformações			
Gravidade	P _{oap}	F _{oap} (%)	P _{oap} x F _{oap}
1	0,60	0,75	0,45
Conjunto de panelas e remendos			
Gravidade	P _{pr}	F _{pr} (Quant./km)	P _{pr} x F _{pr}
3	1	63,3	63,3
IGGE = (P_t x F_t) + (P_{oap} x F_{oap}) + (P_{pr} x F_{pr}) = 71,8			

Fonte: Autoria própria (2022)

Com base no ICPF e IGGE, foi possível determinar o valor do IES, utilizando a Tabela 5. A Tabela 9 apresenta um resumo dos valores obtidos para o ICPF, IGGE e IES, bem como o conceito para cada trecho. Além disso, a Tabela 9 apresenta a classificação funcional (Arterial, Coletadora e Local) de cada via avaliada.

Tabela 9 - Resultado da avaliação do LVC

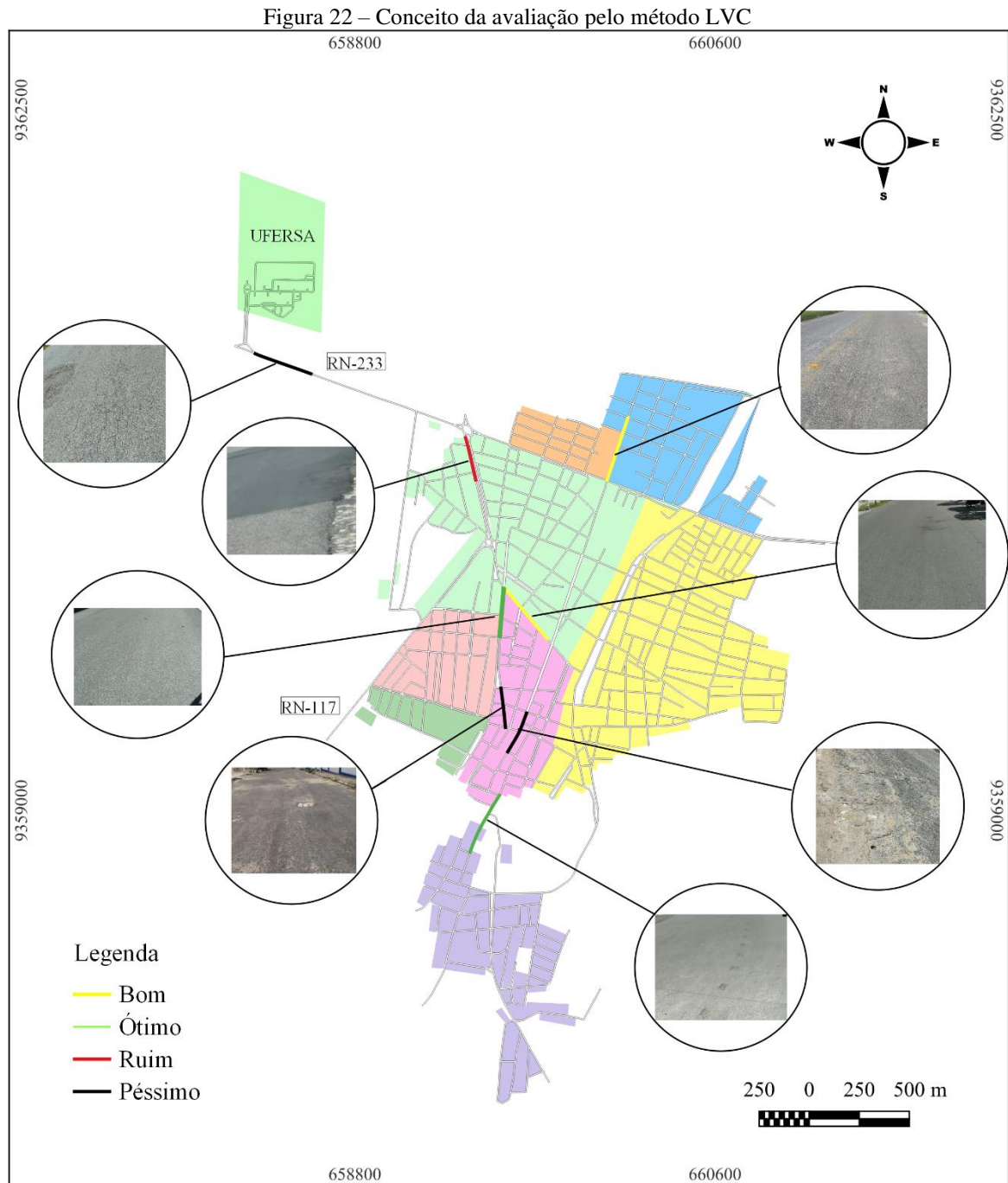
Trechos	Bairro	Classe	IGGE	ICPF	IES	Conceito
1	Centro 1	Coletora	60,8	2,0	8	Péssimo
2	Centro 2	Coletora	17,7	4,0	0	Ótimo
3	Centro 3	Coletora	62,2	1,5	8	Péssimo
4	Aeroporto	Local	17,8	3,5	1	Bom
5	Sebastião Maltez	Coletora	27,5	4,0	1	Bom
6	Alto da Liberdade	Local	3,1	4,5	0	Ótimo
7	RN 233	Arterial	71,8	0,5	8	Péssimo
8	RN 177	Arterial	56,4	0,5	5	Ruim

Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com a Tabela 9, verifica-se que o IGGE variou entre 3,1 (Alto da Liberdade) e 71,8 (RN 233), indicando que esse trecho da RN, como mostra a Figura 19, possui uma quantidade de buracos, remendos, trincas e deformações maior que todos os outros trechos avaliados.

Os trechos das RNs e o Centro 1 e Centro 3 obtiveram os maiores valores de IGGE e os piores conceitos de avaliação. Uma possível explicação para esse resultado é que as RNs por serem vias arteriais, possuem um maior volume de tráfego, onde caminhões e outros veículos mais pesados trafegam. Já o Centro 1, por ser um trecho de comércio, bem como o Centro 3 por ser um trecho próximo a uma escola possuem um fluxo de veículos considerável se comparado aos outros trechos. Além das condições de tráfego, a ausência de atividades de manutenção nesses trechos nos últimos anos pode ajudar a explicar esses resultados.

Por outro lado, os trechos 2, 4, 5 e 6 foram os mais bem avaliados, com os seus conceitos variando de bom a ótimo. Em resumo, 50 % dos trechos avaliados apresentaram avaliações positivas (ótimo e bom) e 50 % apresentaram conceitos negativos (ruim e péssimo). A Figura 22 ilustra os trechos avaliados com os seus respectivos conceitos.



Fonte: Autoria própria (2022)

5.2.1 Condição do Pavimento em 2018 versus Condição do Pavimento em 2022

Oliveira (2018), realizou um procedimento semelhante ao utilizado nesse estudo, na mesma cidade e nos mesmos trechos, exceto o trecho 3, porém utilizando ferramentas de georreferenciamento distintas. A Tabela 10 exibe a comparação dos resultados obtidos por Oliveira (2018) na avaliação do revestimento asfáltico da cidade de Caraúbas/RN utilizando o método LVC com os dados obtidos na pesquisa atual (2022).

Tabela 10 - Comparação da avaliação do pavimento

Bairro	IGGE (2018)	IGGE (2022)	ICPF (2018)	ICPF (2022)	IES (2018)	IES (2022)	Conceito (2018)	Conceito (2022)
Centro 1	57,8	60,8	2,5	2,0	5	8	Ruim	Péssimo
Centro 2	0,0	17,7	5,0	4,0	1	0	Ótimo	Ótimo
Centro 3	-	62,2	-	1,5	-	8	-	Péssimo
Aeroporto	1,8	17,8	4,0	3,5	1	1	Ótimo	Bom
Sebastião	26,8	27,5	5,0	4,0	2	1	Bom	Bom
Alto da Lib.	0,0	3,1	5,0	4,5	1	0	Ótimo	Ótimo
RN-233	69,4	71,8	2,5	0,5	8	8	Péssimo	Péssimo
RN-117	53,9	56,6	0,5	0,5	5	5	Ruim	Ruim

Fonte: OLIVEIRA, (2018). Adaptação: Autoria própria (2022)

Analisando as duas avaliações observa-se que os valores do IGGE de cada trecho analisado no ano de 2018 foram inferiores aos valores do IGGE da pesquisa atual (2022), nos trechos dos bairros Centro 1 e Aeroporto houve mudança de conceito de uma avaliação para a outra. Na avaliação realizada no ano de 2018 os trechos das RNs 117 e 233 obtiveram os conceitos ruim e péssimo, respectivamente, mantendo os mesmos conceitos na pesquisa atual. O trecho do bairro Centro 1 mudou o conceito de ruim para péssimo e o trecho do bairro Aeroporto saiu do conceito ótimo para o bom. Nos trechos dos bairros Sebastião Maltez, Centro 2 e Alto da Liberdade também não houve mudança de conceito, sendo os trechos dos bairros Centro 2 e Alto da Liberdade classificados como ótimo e no trecho do bairro Sebastião Maltez classificado como bom nas duas avaliações.

Com base nesse resultado, bem como nas informações de moradores, é possível concluir que não houve nenhuma atividade de manutenção entre 2018 e 2022. De acordo com Oliveira (2018), os trechos dos bairros Centro 1, Alto da Liberdade e Sebastião Maltez foram construídos no final do ano de 2016, sendo considerado um trecho novo e por isso a sua boa avaliação.

5.2.2 Hierarquização das Prioridades de Manutenção

Devido à falta de recursos para realizar atividades de manutenção em todos os trechos analisados, foi elaborado uma ordem de prioridade para aqueles que apresentam uma maior deterioração, como mostra a Tabela 11.

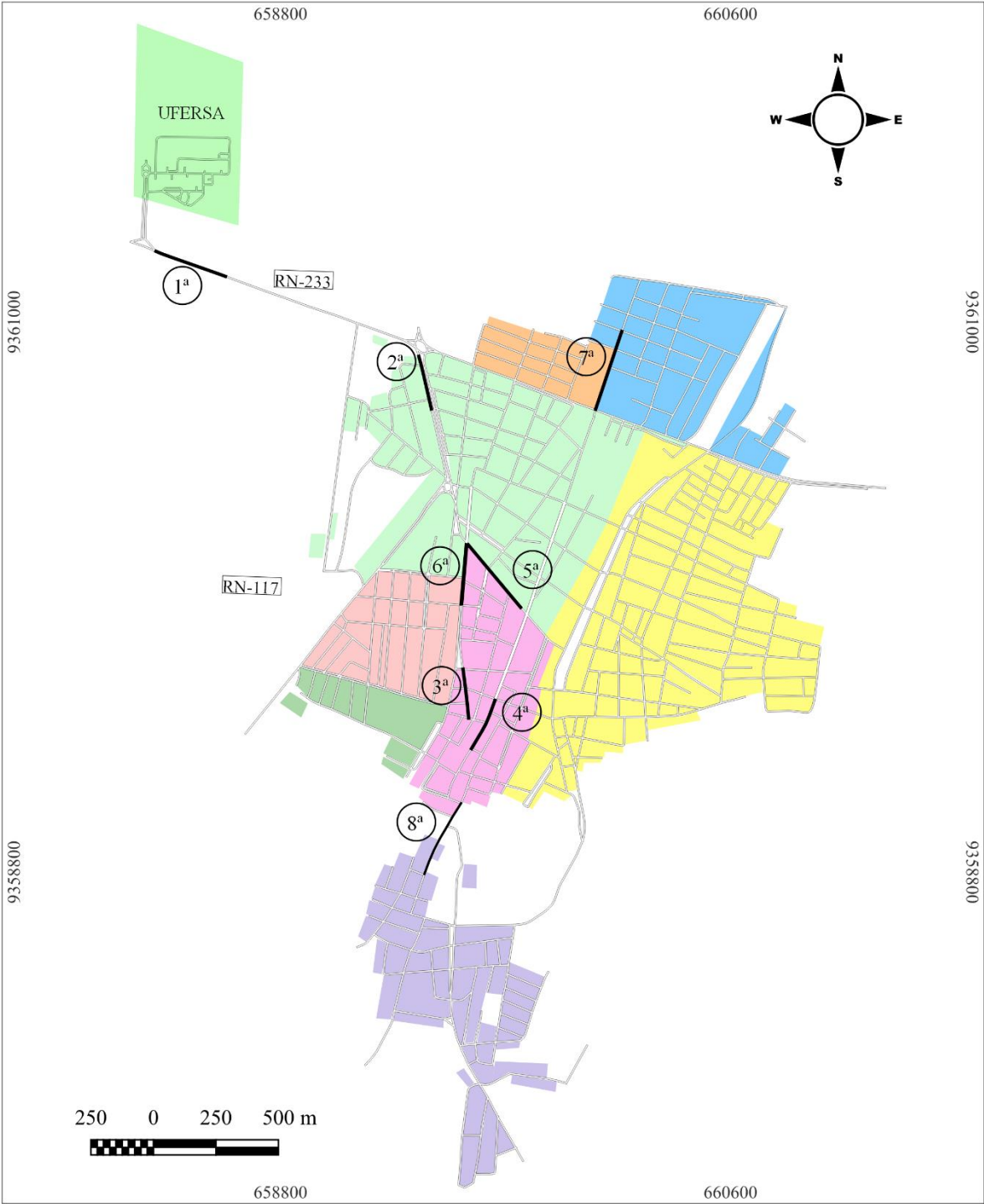
Tabela 11 - Vias com prioridade de manutenção

Trechos	Classe	IGGE	IES	Conceito	Trechos prioritários
7	Arterial	71,8	8	Péssimo	1ª
8	Arterial	56,4	5	Ruim	2ª
3	Coletora	62,2	8	Péssimo	3ª
1	Coletora	60,8	8	Péssimo	4ª
5	Coletora	27,5	1	Bom	5ª
2	Coletora	17,7	0	Ótimo	6ª
4	Local	17,8	1	Bom	7ª
6	Local	3,1	0	Ótimo	8ª

Fonte: Autoria própria (2022)

Dentre os trechos analisados, o trecho 7, considerado um trecho crítico, foi o prioritário para ser realizado atividades de manutenção, pois é uma via arterial e apresentou o pior IES, seguido dos trechos 8, 3 e 1 classificados como péssimo ou ruim. A Figura 23 ilustra a ordem dos trechos com prioridade de manutenção.

Figura 23 – Trechos com prioridade de manutenção



Fonte: Autoria própria (2022)

5.2.3 Alternativas de Manutenção

A escolha para a alternativa de manutenção para cada trecho se procedeu de acordo com as sugestões da norma, conforme a Tabela 2 do item 3.5.1, visto que na pesquisa não foram

realizados os métodos do IGG e IRI. A alternativa de manutenção de cada trecho pode ser visualizada na Tabela 12.

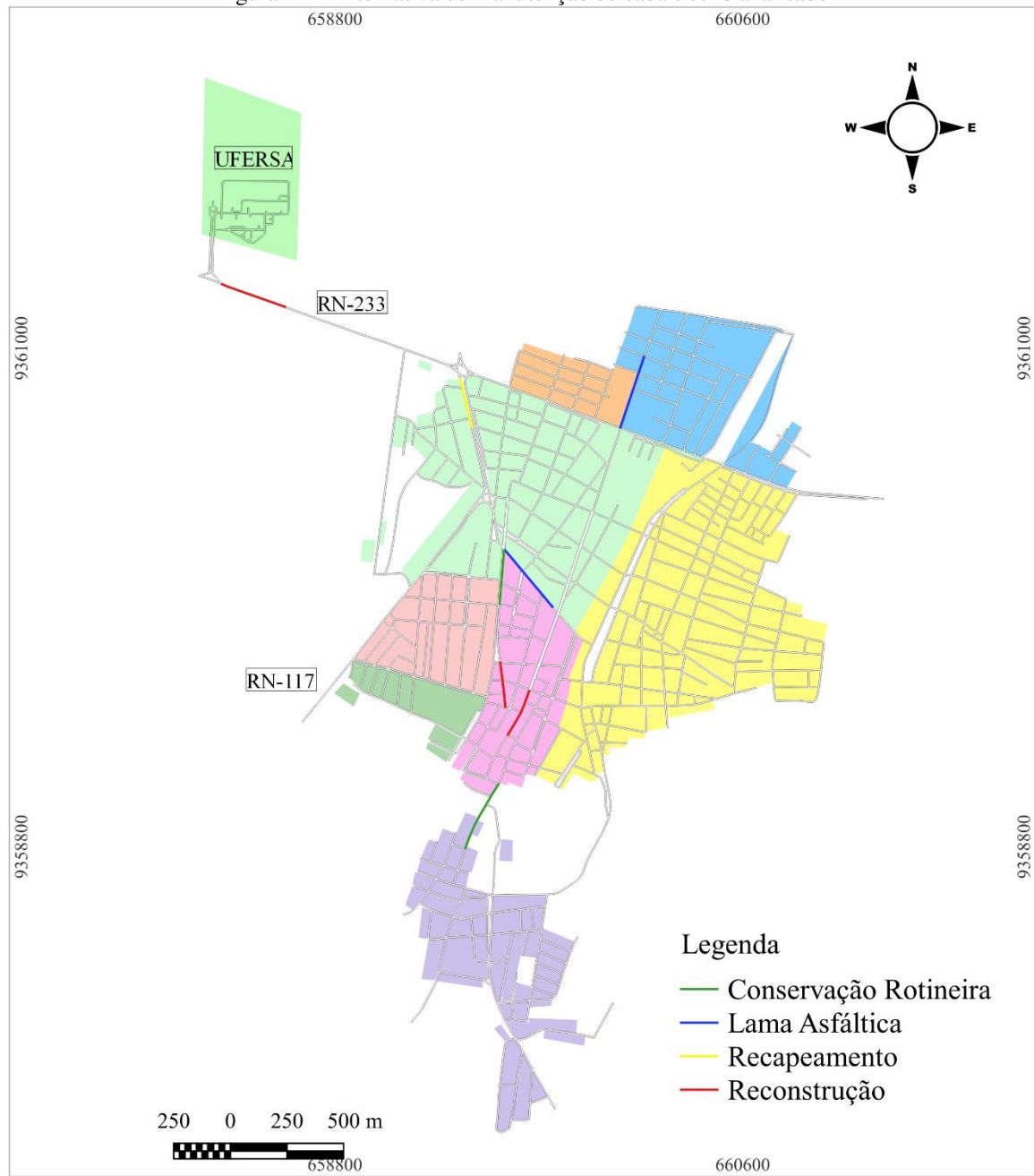
Tabela 12 - Alternativa de manutenção para cada trecho avaliado

Trechos	Conceito	Alternativa de manutenção
1	Péssimo	Reconstrução
2	Ótimo	Conservação Rotineira
3	Péssimo	Reconstrução
4	Bom	Aplicação de Lama Asfáltica
5	Bom	Aplicação de Lama Asfáltica
6	Ótimo	Conservação Rotineira
7	Péssimo	Reconstrução
8	Ruim	Recapeamento

Fonte: Autoria própria (2022)

Para vias que obtiveram o conceito péssimo, a atividade de manutenção sugerida pela norma é a reconstrução, pois a quantidade de defeitos é elevada, necessitando de manutenção no trecho todo e não em alguns pontos. A via classificada como ruim necessita de recapeamento. Nos trechos classificados como bom, no caso o 4 e 5 a atividade de manutenção sugerida é a aplicação de lama asfáltica e nos trechos classificados como ótimo somente necessitam de conservação rotineira, como remendos e selagem de trincas. A Figura 24 mostra a alternativa de manutenção de cada trecho analisado.

Figura 24 – Alternativa de manutenção de cada trecho analisado



Fonte: Autoria própria (2022)

6 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, permitiu-se realizar a avaliação da superfície de pavimento asfáltico da cidade de Caraúbas/RN através do levantamento de dados em campo utilizando ferramentas de georreferenciamento. Atendendo aos objetivos deste trabalho, foram mapeados os defeitos, analisada a condição superficial e proposto alternativas de manutenção para o pavimento asfáltico da cidade.

Caraúbas possui 52 % da sua malha viária pavimentada, sendo 25% de revestimento asfáltico, onde cerca de 50 % da malha avaliada apresentou avaliações positivas (ótimo e bom) e 50 % apresentaram conceitos negativos (ruim e péssimo).

Com a utilização das ferramentas de georreferenciamento UTM *Geo Map* e o *software* QGIS, foi possível catalogar os defeitos e elaborar mapas para poder ter uma melhor visualização dos defeitos presentes no pavimento. Ademais, uma vantagem do uso do georreferenciamento trata da possibilidade de gerar um banco de dados que possa fornecer informações ao longo dos anos. Nesse caso, os dados coletados por Oliveira (2018) foram utilizados para fazer um comparativo em relação a evolução dos defeitos nos pavimentos em 2022. Esse acompanhamento é fundamental a fim de compreender a evolução das patologias e intervir no trecho no momento mais adequado.

Embora os métodos de avaliação do DNIT sejam mais comuns de avaliar rodovias, o método também pode ser aplicado em vias urbanas. A junção do LVC com a coleta de defeitos feita pelo aplicativo resultou em uma avaliação eficaz e econômica, pois as ferramentas utilizadas para caracterizar a superfície do pavimento são gratuitas, sem necessidade de infraestrutura física, e de fácil utilização.

Para trabalhos futuros, sugere-se analisar todas as vias pavimentadas da cidade e assim ter um banco de dados maior sobre a condição superficial dos pavimentos. Além disso, realizar as coletas todos os semestres a fim de verificar a evolução dos defeitos observados. Ademais, propor um protocolo de coleta com base nos aplicativos utilizados nessa pesquisa para que outras cidades ou pesquisadores possam utilizar o método. Por fim, sugere-se desenvolver um método de avaliação de pavimentos que seja mais atrativo para as condições de vias urbanas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luciana Cristina de. **ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS COM O QUANTUM GIS: exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, Florianópolis, v. 3, n. 8, p. 173-194, dez. 2011.**

ALVES, Jailsson da Silva. **Software gis livre e o ensino-aprendizagem da geografia.** 2011. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2011.

ARAÚJO, A. L. **A Tecnologia da Geoinformação Como Ferramenta para a Modernização da Gestão Municipal em Cidades de Pequeno Porte.** 2003. Tese (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

BALDO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, ADEBA, 2010.

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

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de Metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre.** 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 008/2003 - PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro: Ipr, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT. Manual de gerência de pavimentos.** Rio de Janeiro: Ipr, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT. Manual de pavimentação.** 3 ed. Rio de Janeiro: Publicação Ipr-719, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT: Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** Rio de Janeiro: Publicação Ipr-720, 2006.

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

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Panorama das Cidades**: Caraúbas. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caraubas/panorama> >. Acesso em: 22 mar. 2022.

FERNANDES JR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes. São Carlos, SP, p. 127. 1999.

FERREIRA, Nilson Clementino. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas**. 2006. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/414/apostila_sig.pdf >. Acesso em: 02. mar. 2022.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos (Notas de aula)**. 1999. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/19378181/o-diagnostico-e-a-manutencao-dos-pavimentos-notas-de-aula/30>. Acesso: 22 Abr. 2022.

LOPES, Simone Becker *et al.* **Uso de modelagem Dinâmica de sistemas conectada a um SIG para a gerência de pavimentos urbanos**. Revista Minerva - Pesquisa e Tecnologia, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 181-188, 2009.

MANGH, Giovanni *et al.* **Quantum GIS: Um desktop potente e amigável**. Revista FOSSGIS Brasil, v. 1, p. 10-15, jun. 2011.

MARTINS, Jussara Barros. **Sistema de Informações Para o gerenciamento ambiental da operação rodoviária**. 2005. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, F. A. D. de. **DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DAS VIAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN**. 2017. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2018.

PIROLI, Edson Luís. **Introdução ao Geoprocessamento**. 1 edição. Ourinhos, SP, 2010.

RODRIGUES, Daniel Souto. **Avaliação Multicritério de Acessibilidade em Ambiente SIG**. 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Municipal, Universidade do Minho, Braga, 2001.

ROSA, Roberto. **Introdução ao geoprocessamento (Apostila)**. 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5551878/mod_resource/content/2/Apostila_Geop_rrosa.pdf . Acesso em: 24. mar. 2022.

QUIRINO, Marina Eliza Pacífico. **RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM ÁREAS DE TAXIAMENTO DE AERONAVES - UM ESTUDO DE CASO DA PISTA FOX-2 DO AEROPORTO INTERNACIONAL TANCREDO NEVES - MG**.

2013. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2013.

SEGANTINE, P. C. L. **Estudo do sinergismo entre os sistemas de informação geográfica e o de posicionamento global**. Universidade de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de transportes, São Carlos: 2001, 224 p.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**: Vol. 1 – 2ª Ed – São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, Marcelo Corrêa da. **Avaliação Funcional e Estrutural das vias asfaltadas do campus da ufv**. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

SOUZA, N. G. Assunção e. **Utilização de Imagens Terrestres e Aérea para a Identificação de Imperfeições no Pavimento Asfáltico**. 2019. 63 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

ANEXOS

Anexo A – Planilha para Levantamento Visual Contínuo

MT																	Folha																																																																																																																																																																																																																																																																														
DNIT																	de																																																																																																																																																																																																																																																																														
Código PNVT	Est. PNVT _____ Est. EXEC _____ UNIT _____ Nº PISTALADO _____ MÊS/ANO _____																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Largura da Pista: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Largura do Acostamento: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Início _____ MR. Nº _____																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Trecho do PNVT	Fim _____ VMD _____ MR. Nº _____																																																																																																																																																																																																																																																																																														
SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I		INF. COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																														
Nº DO SEG	ODÔMETRO KM		Est	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			C	REV			ESP		IDADE																																																																																																																																																																																																																																																																											
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E		P	REV		ESP	ORIG	REST																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																																																																																																																																																																																																																																																															
P – Pista		AF – Afundamento		D – Desgaste do Pavimento		REST – Idade da última restauração		Avaliadores: _____ _____																																																																																																																																																																																																																																																																																							
TR – Trinca Isolada		O – Ondulações		EX – Exsudação		REV – Tipo de Revestimento																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TJ – Trinca Curso de Jacaré		E – Escorregamento do revestimento betuminoso		R – Remendo		ESP – Espessura do Revestimento																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TB – Trinca em Bloco		ICPF – Índice de Condições		MR – Marco Rodoviário		ORIG – Idade do Pav. Original																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Fonte: DNIT, (2003)